

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3



FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES  
DEPARTEMENT : GENIE CHIMIQUE

N° d'ordre :.....

Série :.....

### Mémoire de Master

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie Chimique

## Optimisation des conditions opératoires pour la production du biodiesel à partir de l'huile usagée alimentaire de la cité universitaire de l'université Constantine 3

Dirigé par:

**Dr : Outili Nawel**

Présenté par :

**Kerras Halima**

**Merouani Rayane**

**Nekkab Chahrazed**

Année Universitaire 2017/2018.

Session : juin

**Remerciements****Liste des tableaux****Liste des figures****Liste d'abréviations et nomenclatures****Introduction générale.....1****Chapitre 1 : Les biocarburants**

1.1. Introduction .....	3
1.2. Biocarburant comme source d'énergie renouvelable .....	3
1.2.1. Historique.....	4
1.3. Etat des lieux des carburants en Algérie.....	5
1.3.1. Situation actuelle des carburants en Algérie.....	7
1.4. Normes liés aux carburants en Algérie et dans le monde.....	7
1.5. Production et Utilisation des biocarburants dans le monde.....	8
1.6. Les enjeux des biocarburants.....	9

**Chapitre2 : Production et caractérisation du biodiesel**

2.1. Introduction .....	10
2.2. Les huiles végétales .....	10
2.3. Type et utilisation de Biodiesel .....	12
2.4. Différentes méthodes de synthèse du Biodiesel par transestérification.....	12
2.4.1. Transestérification par catalyse acide .....	13
2.4.2. Transestérification par catalyse basique .....	13
2.4.3. Transestérification par catalyse enzymatique.....	13
2.4.4. Transestérification par méthanol supercritique.....	14
2.5. Caractérisation de l'huile végétale et du biodiesel .....	14
2.5.1. La viscosité .....	14

2.5.2. La densité .....	15
2.5.3. Indice de saponification .....	15
2.5.4. Indice d'acidité.....	15
2.5.5. Indice d'ester.....	15
2.5.6. Indice de réfraction .....	15
2.5.7. Le pH .....	16
2.5.8. Indice de cétane.....	16
2.5.9. Distillation.....	16
2.5.10. Indice iode.....	17
2.5.11. Point d'éclair.....	17
2.5.12. Point trouble.....	17
2.5.13. Point d'écoulement .....	17
2.5.14. La teneur en eau .....	18
2.7. Valorisation des sous produits de la synthèse du biodiesel .....	19
2.8. Synthèse de quelques travaux sur la production du biodiesel .....	20

### **Chapitre3 : Méthodologie et protocoles expérimentaux**

3.1. Introduction .....	23
3.2. Caractérisation de l'huile usagée et protocoles des tests réalisés.....	23
3.2.1. La densité .....	23
3.2.2. Indice d'acidité.....	24
3.2.3. Indice de saponification .....	25
3.2.4. Indice de réfraction.....	26
3.2.5. La viscosité .....	26
3.2.6. Le pH .....	27
3.2.7. La teneur en eau .....	28
3.3. Méthodologie expérimentale de la synthèse du biodiesel .....	28
3.4. Matériels et méthodes.....	28

---

3.4.1. Matériels et produits utilisés .....	28
3.4.2. Protocole expérimental .....	29
3.5. Méthodologie des surfaces de réponses.....	30
3.5.1. Facteurs, intervalles de l'étude et plan d'expérience .....	31
3.5.2. Les réponses du plan .....	33
3.6. Intensification de la synthèse du biodiesel .....	34

### **Chapitre 4 : Résultats et discussions**

4.1. Introduction_ .....	36
4.2. Mesure de l'indice d'acidité des huiles .....	36
4.3. Etude et détermination de l'intervalle du plan d'expériences .....	38
4.4. Etude par plan d'expériences .....	41
4.4.1. Le domaine d'étude .....	42
4.4.2. Les réponses du plan : .....	42
4.4.3. Etude paramétrique: .....	43
4.4.4. Etude d'optimisation par méthodologie de surfaces de réponses .....	50
4.5. Propriétés du biodiesel obtenu.....	59
4.6. Intensification de la production du biodiesel à partir de l'huile de friture .....	61
4.6.1. Intensification par micro-ondes : .....	61
4.6.2. Intensification par ultrasons .....	64
4.7. Etude technico-économique du procédé.....	67
4.8. Autre méthode de valorisation de l'huile usagée de la cité universitaire .....	73
<b>Conclusion générale</b> .....	76

### **Références bibliographiques**

### **Annexe**

## Résumé

Dans un contexte où l'énergie est devenue indispensable au fonctionnement de l'économie, la préoccupation de la société pour l'épuisement des ressources énergétiques non renouvelables du monde a conduit à un regain d'intérêt pour la recherche de carburants alternatifs. L'une des alternatives les plus prometteuses est l'huile végétale et ses dérivés. Chaque année, une grande quantité de déchets de graisses et d'huiles qui ne conviennent pas à la consommation humaine ou qui ne peuvent pas être traitées plus loin sont produites dans le monde entier. Un moyen potentiel d'utiliser cette matière première à faible coût est sa conversion en biodiesel.

Dans ce travail, on s'intéresse à la transestérification d'une huile végétale usagée obtenue du restaurant de la cité universitaire Ain El Bey 3 de l'université Constantine3, afin de la recycler et la transformer en biodiesel. Etant donné que la réaction de transestérification soit une réaction équilibrée, son rendement est amélioré en utilisant un excès d'alcool, ici le méthanol, et un catalyseur basique : l'hydroxyde de potassium. Le processus de production de biodiesel a été optimisé par l'application de la méthodologie de surface de réponse. Une conception composite centrale a été réalisée à 5 niveaux ( $-\alpha$ ,  $-1$ ,  $0$ ,  $+1$  et  $+\alpha$ ), dans le but de déterminer les conditions optimales pour un rendement maximale, une conversion totale un bilan de chimie verte maximal et une consommation énergétique minimale. Trois paramètres à savoir, la température, la concentration en catalyseur et le rapport molaire méthanol/huile ont été étudiés. Les résultats de l'étude mènent aux valeurs optimales de ces paramètres comme suit :  $45^{\circ}\text{C}$  de température, 1.3930% de catalyseur et un ratio 5.9394 : 1. Les résultats de l'étude montrent que notre huile est une source très intéressante pour la production du biodiesel puisqu'elle n'a été utilisée qu'une seule fois en friture. Aussi les caractéristiques du biodiesel produit sont dans les normes.

L'étude de l'intensification a montré que l'utilisation des micro-ondes réduit considérablement le temps de réaction et l'étude technico-économique a montré que la production du biodiesel serait rentable à partir d'une certaine production.

**Mots clés :** biodiesel, transesterification, valorization de la biomasse, huile usagée, optimisation.

## ملخص

في سياق أصبحت فيه الطاقة ضرورية لكل اقتصاد ، أدى اهتمام المجتمع باستنفاد موارد الطاقة غير المتجددة في العالم إلى اهتمام متجدد بالبحث عن أنواع بديلة من الوقود . واحد من البدائل الواعدة هو الزيت النباتي ومشتقاته . في كل عام ، يتم إنتاج كمية كبيرة من الزيوت والدهون غير الصالحة للاستهلاك البشري أو التي لا يمكن معالجتها بشكل أكبر في جميع أنحاء العالم . إحدى الطرق المحتملة لاستخدام هذه المواد الخام بتكلفة منخفضة هي تحويلها إلى وقود الديزل الحيوي .

في هذا العمل ، قمنا باستبدال الزيوت النباتية المستعملة التي تم الحصول عليها من مطعم حرم الجامعة في عين الباي 3 من جامعة قسنطينة 3 . من أجل إعادة تدويرها وتحويلها إلى وقود الديزل الحيوي . بما أن تفاعل الاستبدال هو تفاعل متوازن . فإن مردوده

يتحسن باستخدام فائض من الكحول : الميثانول ، ومحفز أساسي: هيدروكسيد البوتاسيوم . تم تحسين عملية إنتاج الديزل الحيوي من خلال تطبيق منهجية الاستجابة السطحية . تم تنفيذ التصميم المركب المركزي في 5 مستويات . من أجل تحديد الظروف المثلى لأقصى مردود ، حماية للبيئة ، و أدنى استهلاك للطاقة . تمت دراسة ثلاث معاملات هي درجة الحرارة وتركيز المحفز والنسبة المولية للميثانول / الزيت . نتائج الدراسة تؤدي إلى القيم المثلى لهذه المعلمات على النحو التالي: درجة الحرارة 45 درجة مئوية .

أظهرت نتائج الدراسة أن زيتنا مصدر مهم جدا لإنتاج وقود الديزل الحيوي لأنه لم 1.3930 . % محفز ونسبة 5.9394 : 1

أيضا خصائص وقود الديزل الحيوي المنتجة في المعايير . يستخدم إلا مرة واحدة في القلي

تحفيز التفاعل باستعمال أمواج الميكروويف أدى إلى تقليص مهم في مدة التفاعل كما أن الدراسة الاقتصادية بينت ان هذا المشروع يمكن أن يحقق أرباحا لطاقت إنتاج معينة .

**الكلمات المفتاحية:** وقود الديزل الحيوي، ترمين الكتلة الحيوية ، تحويل الاسترة ، التحسين .