

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب  
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib  
Faculté des Sciences et de Technologie  
Département de Génie Mécanique



Projet de Fin d'Etudes  
**Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275**  
**« Un diplôme, une startup / micro entreprise ou brevet d'invention »**  
Pour l'obtention du diplôme de Master  
Filière : Génie des Procédés  
Spécialité : Génie des Procédé des Matériaux

*Synthèse du biodiesel par  
transestérification des huiles de friture  
usagées.  
« Bio Dz Energy »*

**Présenté Par :**

1/ BERAMDANE Nesrine.  
2/BENMEHEIMDA Fatima Zohra.

**Devant le jury composé de :**

MERABTENE Meriem		U.Ain Témouchent	Président
MANSOUR Meriem		U.Ain Témouchent	Examineur
NEHARI Driss	Professeur	U.Ain Témouchent	Encadrant (e)
DRAI Ikram	Enseignante-V	U.Ain Témouchent	Co-Encadrant(e)
BEN AZZA Baghdad		U.Ain Témouchent	Représentant de l'incubateur
BENARADJ Miloud		Direction environnement	Partenaire socioéconomique

*Année Universitaire 2022/2023*

## **Remerciements :**

*Tout d'abord Nous remercions le Dieu qui nous a donné la force et la patience jusqu' au bout de nos études.*

*Nous remercions notre encadreur **Mr. NEHARI Driss**, Professeur à l'Université Belhadj Bouchaïb Aïn Témouchent de nous avoir encadrés et suivis dans notre travail et de nous avoir soutenus avec leurs conseils précieux*

*Nous voudrions présenter nos remerciements à **Pr. BACHIR Cherifa** Professeur à l'Université Belhadj Bouchaïb Aïn Témouchent et **Mlle. DRAI Ikram** , Enseignante-Vacataire a l'UAT.B.B, qui nous a accompagné dans notre recherche.*

*Nous tenons à adresser nos plus sincères remerciements aux membres de jury **DR.MERABTENE Meriem** enseignante à l'Université Belhadj Bouchaïb Aïn Témouchent. **DR.MANSOURE Meriem** enseignante à l'Université Belhadj Bouchaïb Aïn Témouchent **.Mr. BEN AZZA Baghdadí** Professeur à l'Université Belhadj Bouchaïb Aïn Témouchent.*

***Mr.BENARADJ MILOUD** chef service dans la direction de l'environnement Aïn Témouchent , pour avoir accepté de faire partie d'évaluation de notre mémoire.*

*Immense merci à tous nos enseignants, nous avons eu l'honneur d'être parmi vos étudiants et de bénéficier de votre riche enseignement. Vos qualités pédagogiques et humaines sont pour nous un modèle. Votre gentillesse, et votre disponibilité permanente ont toujours suscité notre admiration.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réalisation de ce travail.*



## Dédicace :

Je dédie ce mémoire à mes parents, qui m'ont toujours soutenue et encouragée dans mes études. Leur amour, leur patience et leurs sacrifices ont été une source d'inspiration pour moi tout au long de ce parcours. Je leur suis reconnaissante pour leur soutien inconditionnel et leur confiance en moi.

À mes deux sœurs Votre soutien inconditionnel, votre amour et votre présence ont été des piliers essentiels dans ma vie. Vous m'avez encouragée, motivée et inspirée à poursuivre mes rêves et à me dépasser. Et à ses enfants d'amour.

À mon frère.

À mon binôme Nesrine.

À tous mes amis et proches qui ont été là pour moi, en me prodiguant des encouragements, des conseils et leur soutien moral. Leur présence et leur amitié ont été des facteurs clés dans ma motivation et ma persévérance.

À moi-même, en reconnaissance de mon travail acharné, de ma persévérance et de ma détermination. Je suis fière de tout le temps et les efforts que j'ai consacrés à ce projet. C'est un témoignage de ma capacité à surmonter les défis et à atteindre mes objectifs. Je m'accorde cette dédicace pour me rappeler constamment de ma force intérieure et de ma volonté de réussir. Que cette réalisation soit un rappel de ma valeur et de mon potentiel illimité.

**Fatima**



*Je dédie ce travail*

*A ma très chère mère*

*Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.*

*A mon père*

*Aucune dédicace n'exprime l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.*

*A mes chères soeurs : zahra, cherifa*

*A mes tantes ; fatima et hadjira*

*A mon binome : fatima*

*A tous les membres de ma famille, veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.*

*A mes professeurs : Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération*

*A tous mes collègues de classe et mes amis*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci*



*Nesrine*

## ***Résumé :***

Notre travail porte sur la synthèse et la caractérisation de biodiesel par transestérification d'une huile végétale usagée utilisant un catalyseur homogène basique en changeant le rapport molaire alcool/huile. Nous avons ainsi mis en œuvre l'application de plusieurs techniques d'analyses à savoir : la spectroscopie IRTF et les caractérisations physicochimiques des biodiesels formés.

Les résultats de la spectroscopie IRTF ont prouvés que les deux biodiesels sont identiques et présentent les mêmes groupements structuraux des esters.

Les propriétés chimiques et physiques telles que l'indice d'acide, l'indice de saponification, l'indice d'ester , l'indice de réfraction et la densité des deux biodiesels, quant à eux, se situent bien dans les normes internationales.

Un rendement optimal a été marqué pour un rapport molaire alcool/huile de 10/1 (73 %).

Enfin, l'utilisation des huiles de fritures pour la synthèse du biodiesel est une alternative moins coûteuse nécessitant des études plus approfondies.

**Mots clés :** biodiesel, huile de friture usagée, transestérification.

## ***Abstract :***

Our work focuses on the synthesis and characterization of biodiesel through the transesterification of used vegetable oil using a homogeneous basic catalyst, by varying the molar ratio of alcohol/oil. We have implemented several analysis techniques, including FTIR spectroscopy and physicochemical characterizations of the formed biodiesels.

The results of FTIR spectroscopy have proven that the two biodiesels are identical and exhibit the same structural ester groups.

The chemical and physical properties, such as acid value, saponification value, ester value, refractive index, and density of the two biodiesels, are within international standards.

An optimal yield was achieved with an alcohol/oil molar ratio of 10:1 (73%).

Finally, the use of used frying oils for biodiesel synthesis is a cost-effective alternative that requires further in-depth studies.

**Keywords:** biodiesel, used cooking oil, transesterification.

## ملخص

يتمحور عملنا حول طريقة صنع وتحليل البايوديزل من زيت نباتي مستعمل باستخدام محفز قاعدي متجانس وتغيير نسبة التفاعل بين الكحول والزيت. لقد قمنا بتطبيق عدة تقنيات تحليلية مثل الطيفية تحت الحمراء وتوصيفات فيزيوكيميائية للبايوديزل المتكون.

أثبتت نتائج الطيفية تحت الحمراء أن البايوديزلين المتكونين متطابقين ويحتويان على نفس تجمعات الاسترات المجهرية.

أما الخصائص الكيميائية والفيزيائية مثل مؤشر الحموضة، ومؤشر التصبن، ومؤشر الاستر، ومؤشر الانكسار، والكثافة للبايوديزلين المتكونين، فهي تتوافق مع المعايير الدولية.

تم تحقيق أفضل نسبة إنتاج بتركيبة مولية كحول/زيت بنسبة 10:1 (73%)

أخيراً، استخدام زيوت القلي المستعملة في تخليق البايوديزل يعد بديلاً ذا تكلفة أقل ويتطلب دراسات أعمق.

الكلمات الرئيسية: البايوديزل، زيت القلي المستعمل، استرة.

## Remerciement

### Dédicace

Liste abréviations .....	I
Liste de tableaux.....	II
Liste de figures .....	III
Résumé .....	IV
Abstract .....	V
ملخص .....	VI
Introduction générale .....	1

## Sommaire

### Chapitre I : Recherche bibliographique

I.1 Les huiles végétales alimentaires :.....	4
I.1.1. Définition des huiles végétales alimentaires :.....	4
I.1.2. Composition d'une huile végétale :.....	4
I.1.3. Caractéristiques générales des principales huiles alimentaire commercialisées en Algérie:.....	5
I.1.3.1. L'huile de tournesol :.....	6
I.1.3.2. L'huile de maïs :.....	6
I.1.3.3. L'huile de soja :.....	6
I.1.3.4. L'huile d'olive :.....	6
I.1.3.5. L'huile de colza:.....	7
I.2 Les huiles végétales de friture:.....	7
I.2.1. Définition des huiles végétales de friture :.....	7
I.2.2. Composition des huiles végétales de friture :.....	8
LES BIOCARBURANTS :.....	10
I.3.1 Généralités sur les biocarburants :.....	10

<b>Première génération :</b> .....	<b>11</b>
<b>Deuxième génération :</b> .....	<b>11</b>
<b>Troisième génération :</b> .....	<b>11</b>
<b>I.3.2 Le biodiesel :</b> .....	<b>11</b>
<b>I.3.2.1. Définition :</b> .....	<b>11</b>
<b>I.3.2.1. Définition :</b> .....	<b>11</b>
<b>I.3.2.2. Les Propriétés de biodiésel:</b> .....	<b>12</b>
<b>I.3.2.3. Méthode de production de Biodiésel:</b> .....	<b>13</b>
<b>I.3.2.4. Transestérification :</b> .....	<b>14</b>
<b>1) Equation de la réaction de transestérification :</b> .....	<b>15</b>
<b>2) Mécanisme de la réaction :</b> .....	<b>15</b>
<b>3) Les paramètres influencent la transestérification :</b> .....	<b>16</b>
<b>A. Effet du catalyseur :</b> .....	<b>16</b>
<b>B. Le rapport alcool/huile et type d'alcool:</b> .....	<b>19</b>
<b>C. La nature des réactifs :</b> .....	<b>20</b>
<b>D. Effet du temps:</b> .....	<b>20</b>
<b>E. Effet de la temperature:</b> .....	<b>21</b>
<b>F. L'agitation:</b> .....	<b>22</b>
<b>I.3.2.5. Les avantages et les inconvénients de biocarburants :</b> .....	<b>22</b>
<b>I.3.2.6.Utilisation des biodiesels :</b> .....	<b>24</b>
<b>1) Moteur diesel :</b> .....	<b>24</b>
<b>2) Utilisation des biodiesels dans les moteurs diesel :</b> .....	<b>24</b>
<b>Mélange diesel-biodiesel :</b> .....	<b>24</b>
<b>Mélanges à faible teneur:</b> .....	<b>25</b>
<b>3) les émissions de particules des véhicules diesel par l'utilisation de biodiesel :</b> .....	<b>25</b>

## Chapitre II : partie expérimental

<b>II.1.Introduction :</b> .....	<b>27</b>
<b>II.2.Matières premières :</b> .....	<b>27</b>
<b>II.3.Filtration sous-vide de l'huile :</b> .....	<b>28</b>

□ Mode opératoire :.....	28
II.4.Synthèse de biodiesel :.....	29
II.4.1 Trans estérification des huiles usées :.....	29
II.4.2 Décantation :.....	30
II.4.3 Lavage et séchage :.....	30
II.5.Méthodes de caractérisations du biodiesel :.....	31
II.5.1 Détermination du rendement :.....	31
II.5.2 Détermination de L'indice de réfraction :.....	32
II.5.3 Détermination de l'indice d'acidité :.....	32
II.5.4 Détermination de l'indice de saponification :.....	33
II.5.5 Détermination l'indice d'ester :.....	36
II.5.6 Détermination de La densité :.....	36
II.5.7 La spectroscopie infrarouge IR :.....	37

### Chapitre III : Résultat et discussion

III. Caractérisation du biodiesel:.....	38
III.1.Rendement en biodiesel :.....	38
III.2.Paramètres physiques :.....	39
III.3.Paramètres chimiques:.....	40
III.3.3.1.Spectres IR d'huile Elio:.....	42
III.3.3.2.Spectres IR de Biodiesel:.....	43
Conclusion générale :.....	47

Référence

Annex

## Liste des abréviations

AGLs : acides gras libres.

ASTM : Association française de normalisation.

CaO :Oxyde de calcium.

CO<sub>2</sub> : Dioxyde de Carbone

EEHV : l'ester éthylique d'huile végétale.

EMAG : esters méthyliques d'acides gras.

EMHV : l'ester méthylique d'huile végétale.

HAP :Hydrocarbure aromatique polycyclique.

HFU :Huile de Friture Usagée.

IA : indice d'acide.

IS : indice de saponification.

FT-IR : Le spectre infrarouge

ULSD :ultra-lowsulfurdiesel .

## Liste des figures :

- Figure I.1 : Représentation d'un triglycéride issu de la condensation entre trois acides gras C18 :1 et une molécule de glycérol. .... 5
- Figure I.2 : principales huiles alimentaire commercialisées en Algérie..... 7
- Figure I.3 : Structure générale d'acide linoléique ..... 8
- Figure I.4 : Les trois générations des biocarburants..... 11
- Figure I.5 : structure de biodiesel ..... 12
- Figure I.6: Techniques de production du biodiesel..... 14
- Figure I.7: Schéma de la fabrication du biodiesel par transestérification ..... 15
- Figure I.8 : Equation de transestérification..... 15
- Figure I.9 : Réactions successives de la transestérification..... 16
- Figure I.10 : Effet du temps de la réaction en catalyse basique ..... 21
- Figure I.11: Rendement de la réaction en fonction du temps ..... 22
- Figure II.1 : Huile usagée récoltée..... 27
- Figure II. 2 : Composition de l'huile Elio®..... 28
- Figure II .3 : Filtration sous vide de l'huile de friture usée..... 28
- Figure II.4: Montage de la réaction de transestérification..... 29
- Figure II.5 : Décantation de biodiesel..... 31
- Figure II.6 : Lavage de biodiesel..... 31
- Figure II.7: Détermination de l'indice d'acide..... 33
- Figure II.8: montage de la réaction saponification ..... 34
- Figure II.9 : titrage d'indice de saponification..... 35
- Figure II.10 : titrage du blanc ..... 36
- Figure III.1 : Évolution du rendement en biodiesel en fonction du rapport massique alcool /huile. 38
- Figure III.2 : Spectres IR d'une huile Elio..... 42
- Figure III.3: Spectres IR des biodiesels a : (8/1) et b : (10/1) ..... 43

## Liste des tableaux :

- Tableau I.1 : Acides gras continue dans les dérives comestibles.....9
- Tableau I.2: Avantages et inconvénients des catalyseurs basiques et acides .18
- Tableau I.3 : Comparaison des catalyses homogènes et hétérogènes.....19
- Tableau III.1 : Rendement de biodiesel pour différents rapports utilisés.....38
- Le tableau III.2 présente les paramètres physiques de l'huile HFU et ses Esters..... 39
- Le tableau III.3 présente les paramètres chimiques de l'huile HFU et des biodiesels.....40
- Le tableau III.4 présente les groupements fonctionnels des biodiesels Obtenus..... 44
- Tableau III.5 : Comparaison de rendement de production de biodiesel.....44

# **Introduction générale**

# Introduction Général

---

## **Introduction générale :**

La durabilité énergétique et les problèmes environnementaux ont suscité une prise de conscience croissante et une recherche intensive sur les carburants alternatifs et les sources d'énergie renouvelables. Les carburants conventionnels, tels que les combustibles fossiles, ont été identifiés comme des contributeurs significatifs aux émissions de gaz à effet de serre, à la pollution de l'air et à d'autres problèmes environnementaux.

De plus, la consommation d'énergie dans le monde ne cesse d'augmenter, ce qui a entraîné la diminution des ressources en carburant. Le secteur des transports dans le monde a considérablement augmenté la consommation de carburant, atteignant 61,5 % du total, en particulier au cours de la dernière décennie (**MOHAMMED.AR,BHARGAVI.R ,2015**). Des recherches récentes prévoient que la quantité d'essence dans le monde ne pourra être utilisée que pendant les 46 prochaines années.

Le biodiesel peut être défini comme des esters méthyliques d'acides gras (EMAG) dérivés de la transestérification de différentes sources de triglycérides telles que les huiles végétales (qui peuvent être des huiles comestibles, non comestibles ou usagées), des graisses animales (principalement des graisses comestibles ou des graisses usagées) et de l'huile de microalgues , avec de l'alcool et un catalyseur approprié peut être homogène ou hétérogène. Les cultures identifiées pour le biodiesel sont le maïs, le tournesol, la palme, l'olive, le canola, le soja, le colza et les sols d'arachide, ainsi que les lipides d'origine animale (par exemple le beurre). (**MOHAMMED.AR,BHARGAVI.R ,2015**)

Le biodiesel est utilisé comme constituant du mélange de diesel pétrolier dans des proportions permettant de faire fonctionner un moteur diesel. La faisabilité économique du biodiesel dépend de la disponibilité de matières premières à faible coût les huiles comestibles et non comestibles sont limitées.

De plus, il a été signalé que près de 70 à 95 % du coût de production total est lié au coût des matières premières (**MOHAMMED.AR,BHARGAVI.R ,2015**). Ce problème peut être surmonté par l'utilisation d'huile de friture usagée (HFU) comme matière première, ce qui peut réduire efficacement le coût des matières premières à 60-70 % et réduire aussi le problème des déchets et l'environnement.

# Introduction Général

---

Dans ce contexte, le travail de ce projet porte sur la production et le contrôle de qualité d'un biodiesel synthétisé par la transestérification utilisant l'huile de friture HFU comme matière première supporté par un catalyseur homogène basique.

Ce mémoire se divise trois chapitres :

Le premier chapitre présente l'étude bibliographique sur les huiles végétales, le biodiesel et l'utilisation de biodiesel dans les moteurs diesel.

Le deuxième chapitre constitue la partie pratique, il rassemble la méthode de synthèse de biodiesel et les méthodes de détermination des paramètres physicochimiques des produits obtenus.

Le dernier chapitre est consacré à la présentation des résultats et discussions du travail réalisé.

Enfin, on termine par une conclusion générale résumant les principaux résultats obtenus au cours de ce travail ainsi que des perspectives futures.

# Chapitre I

## **I.1 Les huiles végétales alimentaires**

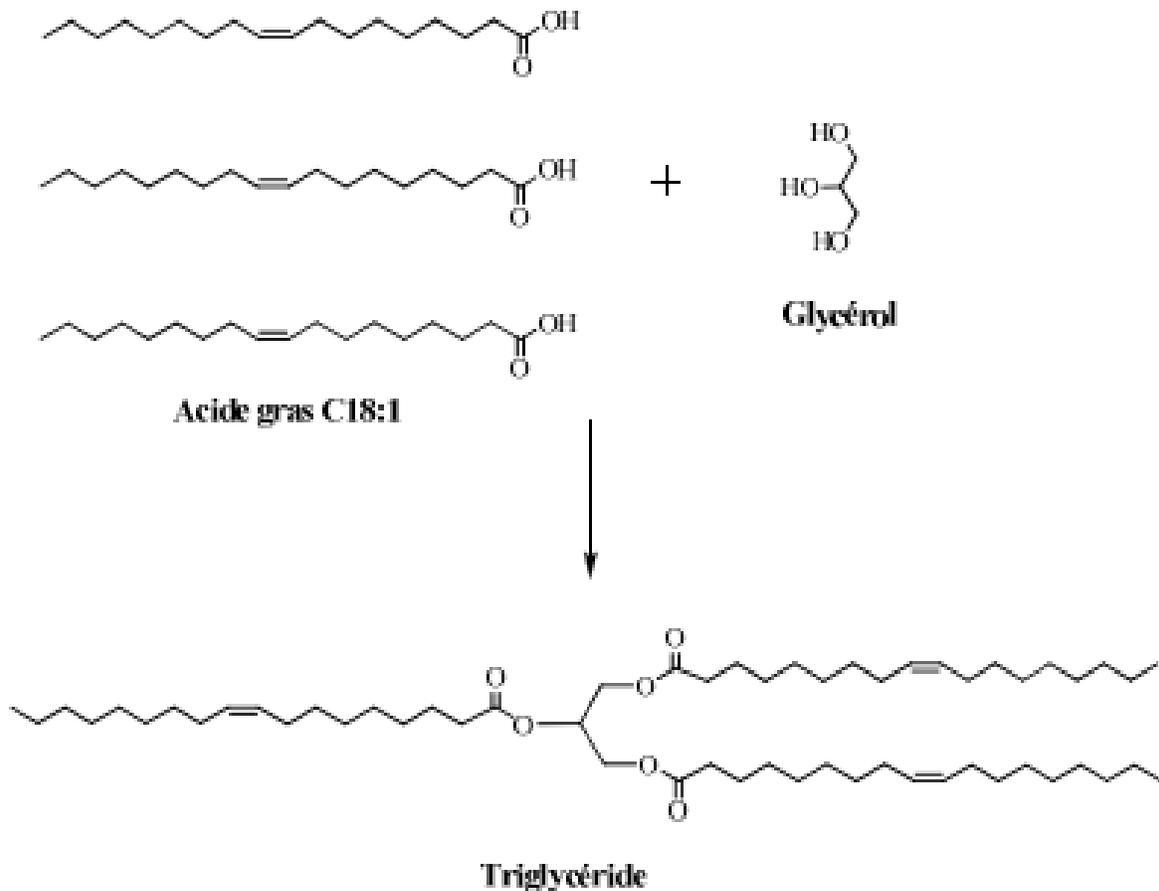
### **I.1.1. Définition des huiles végétales alimentaires :**

Les huiles végétales sont des substances naturelles issues des graines et des fruits oléagineux. Ce sont des composés organiques non-volatiles, hydrophobes et parfois amphiphiles, insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques non-polaires. Pratiquement, les lipides sont subdivisés en les principales catégories suivantes :

- Huiles végétales fluides : huile d'arachide, de colza, de germes de maïs, de tournesol, de soja et d'olive
- Huiles végétales concrètes (graisses) : coprah (provenant de la noix de coco), huile de Palme. [2]

### **I.1.2. Composition d'une huile végétale :**

Les huiles végétales sont des triglycérides (combinaison entre trois acides gras et une molécule de glycérol ( figure 1), dont la composition dépend de la nature de la plante, de ses conditions de culture, du sol et de la saison. Le mot « huile » se rapporte aux triglycérides qui se trouvent dans leur état liquide à température ambiante. Les paramètres qui différencient les huiles et affectent leurs propriétés physiques et chimiques sont le nombre de carbones qui composent les acides gras, le degré d'insaturation et enfin la stéréochimie des doubles liaisons. [3]



**Figure I.1 :** Représentation d'un triglycéride issu de la condensation entre trois acides gras C18:1 et une molécule de glycérol.

### **I.1.3. Caractéristiques générales des principales huiles alimentaire commercialisées en Algérie :**

Les huiles alimentaires commercialisées en Algérie sont généralement produites à partir de plusieurs sources différentes, telles que les graines de tournesol, d'olive, de soja, de maïs, de colza et de palme (figure1). La composition exacte de chaque huile peut varier en fonction de la source des matières premières, du processus de production et des additifs utilisés [3] .

Cependant, voici les caractéristiques générales des principales huiles alimentaires commercialisées en Algérie :

**I.1.3.1. L'huile de tournesol :**

Cette huile, de première pression à froid, est de saveur douce, d'odeur légère et agréable : sa couleur varie entre le jaune pâle et le jaune orangé. C'est une très bonne huile de table dont le goût discret ne nuit pas aux préparations subtiles. Sa richesse en acide linoléique, acide gras essentiel, exerce une action sur la peau, les muqueuses, le système endocrinien et nerveux. Son activité est surtout remarquable en cas d'hypercholestérolémie et d'athérosclérose, et de manière générale dans toutes les maladies cardio .[3]

**I.1.3.2. L'huile de maïs :**

L'huile de maïs, de première pression à froid, est assez visqueuse, de couleur jaune clair à jaune brun, à saveur et odeur de grain (quand elle est fraîche). Elle est riche en acides gras polyinsaturés (famille des linoléiques) et peut servir à la friture comme à l'assaisonnement.[3]

**I.1.3.3. L'huile de soja :**

L'huile de soja est fluide et d'un jaune plus ou moins foncé suivant la nature des graines et les procédés d'extraction. Fraîche, elle a une saveur assez prononcée de haricot qui s'atténue peu à peu. Elle est riche en acides gras poly-insaturés et notamment en acide gras essentiel alphalinoléique. Elle est recommandée pour les assaisonnements. Sa richesse en lécithine la rend précieuse pour la reconstitution des cellules nerveuses et cérébrales. En effet, les lécithines participent au transport des esters de cholestérol, des sels biliaires et des lipoprotéines. On la recommande aux personnes nerveuses et aux diabétiques. Sa bonne digestibilité en fait une bonne remplaçante de l'huile d'olive pour ceux qui ne peuvent la tolérer.[3]

**I.1.3.4. L'huile d'olive :**

L'huile d'olive revêt plusieurs caractéristiques la rendant très intéressante sur le plan nutritionnel. Elle résiste très bien à la friture, sa richesse en acide oléique lui confère un rôle dans la lutte contre les maladies cardio- vasculaires. Comme le montre les études sur la diète méditerranéenne, elle a un effet hypocholestérolémiant, elle gêne aussi l'agrégation plaquettaire au niveau des vaisseaux sanguins et réduit ainsi les risques de thrombose artérielle, l'huile d'olive a aussi un effet bénéfique sur les fonctions digestives notamment en régulant le transit intestinal, et en favorisant la sécrétion de bile. De toutes les huiles, c'est la mieux absorbée par l'intestin.[3]

### **I.1.3.5. L'huile de colza :**

L'huile de colza, des huiles de grande consommation, l'huile de colza est la seule, avec est constituée en majeure partie d'acide oléique (58% des acides gras). Elle contient en outre des quantités appréciables d'acides gras essentiels : 22% d'acide linoléique et 9% d'acide alphalinoléique. Parmi toutes les huiles de soja, à apporter de l'acide alpha-linolénique

Il est important de noter que certaines huiles alimentaires peuvent être modifiées ou mélangées avec d'autres huiles, et qu'elles peuvent également contenir des additifs tels que des antioxydants, des conservateurs et des arômes. [3]



Huile de soja



huile de maïs



huile de tournesol



huile d'olive



huile de palme



huile de colza

**Figure I.2 :** principales huiles alimentaire commercialisées en Algérie.

## **I.2 Les huiles végétales de friture**

### **I.2.1. Définition des huiles végétales de friture :**

L'huile de friture usagée est composée principalement de triglycérides, qui sont des esters d'acides gras.

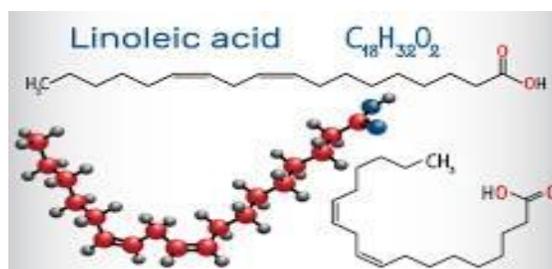
- ✓ Huile de colza (point de fumée 230°C)

- ✓ Huile de maïs (point de fumée 230°C)
- ✓ Huile de tournesol (point de fumée 230°C)
- ✓ huile de soja (point de fumée 230°C)
- ✓ Huile d'olive raffinée (point de fumée 225°C)

L'utilisation fréquente d'huiles de friture à des températures élevées produit des composants qui non seulement altèrent la qualité nutritionnelle des aliments, Mais il peut aussi être source de formation de composés nocifs pour la santé des consommateurs.[14]

### **I.2.2. Composition des huiles végétales de friture :**

De point de vue chimique, les huiles de friture supportent les fortes chaleurs de friture, en raison de leur teneur inférieure en acides gras insaturés, tels que l'acide linoléique (figure 2) qui les rendent instables au contact de la chaleur. [5]



**Figure I.3 :** Structure générale d'acide linoléique .

Le tableau I.1 regroupe les structures des acides gras les plus fréquents dans les huiles végétales.

**Tableau I.1** : Acides gras continue dans les dérivés comestibles

Désignation d'acide gras	Nombre carbone	Formule	classe
Palmitique	C <sub>16</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH	saturé
Stéarique	C <sub>18</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH	saturé
Oléique	C <sub>18-1</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH	insaturé
Linoléique	C <sub>18-2</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> CHCH <sub>2</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH	polyinsaturé
Linoléique	C <sub>18-3</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> CHCH <sub>2</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH	polyinsaturé

### **I.2.3. Impact des huiles de friture usagées sur l'environnement :**

L'huile de friture usagée peut avoir des impacts négatifs sur l'environnement si elle n'est pas gérée correctement. Voici quelques-uns des impacts potentiels :

- **Pollution de l'eau** : Si l'huile de friture usagée est déversée dans les égouts ou les cours d'eau, elle peut contaminer l'eau avec des graisses, des huiles et des matières organiques qui peuvent nuire à la qualité de l'eau et à la vie aquatique.
- **Émission de gaz à effet de serre** : Si l'huile de friture usagée est incinérée ou décomposée sans contrôle, elle peut émettre du méthane et du dioxyde de carbone, qui sont des gaz à effet de serre potentiellement nocifs pour le climat.
- **Risques d'incendie** : L'huile de friture usagée peut s'enflammer facilement et causer des incendies dangereux lorsqu'elle est jetée dans les déchets.

Cependant, l'huile de friture usagée peut également être une ressource précieuse si elle est correctement gérée. Elle peut être transformée en biodiesel, en savon, en lubrifiant et même en bioplastique. En recyclant l'huile de friture usagée, cela réduit la quantité de déchets qui finissent dans les décharges et permet d'économiser des ressources naturelles en remplaçant les produits pétrochimiques.

En résumé, l'huile de friture usagée peut avoir des impacts négatifs sur l'environnement si elle est mal gérée, mais elle peut également être une ressource précieuse si elle est recyclée correctement. Il est donc important de s'assurer que l'huile de friture usagée est correctement collectée et recyclée pour minimiser les impacts négatifs et maximiser les avantages environnementaux.

#### **I.2.4. Utilisation des huiles de friture usagées :**

En Algérie, la collecte des huiles alimentaires usagées est gérée par des sociétés spécialisées dans les déchets dangereux. Ces entreprises fournissent des services de collecte d'huile de cuisson usagée dans les maisons, les restaurants, les hôtels et l'industrie alimentaire.

L'huile de cuisson (friture) usagée est collectée dans des conteneurs spéciaux et transportée vers des centres de traitement spécialisés. Dans ces centres, les huiles de cuisson usagées sont transformées pour être recyclées en biocarburants ou en produits chimiques.

### **LES BIOCARBURANTS :**

#### **I.3.1 Généralités sur les biocarburants :**

Les biocarburants sont des liquides produits à partir de matières organiques non fossiles, issues de la biomasse ou de matières premières, considérées comme des fractions biodégradables de produits, déchets et résidus de l'agriculture, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que biodégradables industriels et municipaux. La partie dégradée est gaspillée .

Le terme biocarburant est générique et inclut le bioéthanol, le biodiesel, la biohuile, le biogaz. Le bioéthanol et le biodiesel sont les produits les plus répandus et peuvent être synthétisés à partir de la biomasse par voie chimique ou biocatalytique. Le biocarburant est une source d'énergie renouvelable peu nocive pour l'environnement et constitue ainsi une voie de développement durable pour un développement durable. En effet, ils contribuent à réduire les émissions de gaz à effet de serre, améliorant ainsi la qualité de l'air. De plus, ils peuvent remplacer les combustibles fossiles et assurer une certaine stabilité économique en réduisant la dépendance énergétique. [16]

### **I.3.1.1 Les générations de biocarburants :**

#### **• Première génération :**

La première génération de biodiesel est principalement divisée en deux parties, selon Les deux principaux types de moteurs à combustion interne : le secteur pétrolier, qui fonctionne au diesel, un moteur diesel à allumage par compression, et le secteur alcool, qui est utilisé comme carburant moteur à allumage commandé, fonctionnant à l'essence.

#### **• Deuxième génération :**

Le biocarburant de deuxième génération est obtenu à partir de biomasse et n'entre pas en concurrence avec l'alimentation : paille de céréales, miscanthus, résidus de bois et de forêts, cultures spécialisées.

#### **• Troisième génération :**

Ce sont des agrocarburants issus de microalgues ou algocarburants. Les microalgues peuvent fournir différents types d'énergie renouvelable. Il s'agit notamment du méthane issu de la digestion anaérobie des algues, du biodiesel issu de l'huile de microalgues et de l'hydrogène issu de la photobiologie . [10]



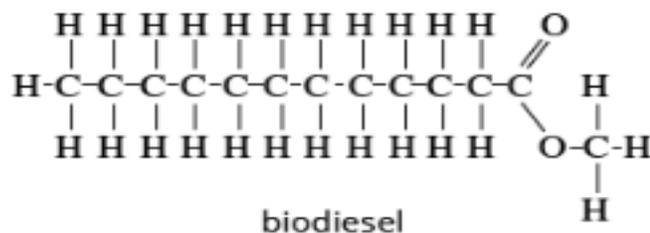
**Figure I.4 :** Les trois générations des biocarburants.

### **I.3.2 Le biodiesel :**

#### **I.3.2.1. Définition :**

Le biodiesel (du grec, bio, life + Diesel) fait référence à un équivalent diesel, le carburant traité dérivé de sources biologiques. Le biodiesel est le nom d'une variété de carburants oxygénés à base d'ester provenant de sources biologiques renouvelables. Il peut être fabriqué à partir d'huiles et de graisses biologiques transformées.

Chimiquement, le biodiesel est défini comme les esters monoalkyliques d'acides gras à longue chaîne dérivés du biodiesel renouvelable (figure I.5). Le biodiesel est généralement produit en faisant réagir de l'huile végétale ou de la graisse animale avec du méthanol ou de l'éthanol en présence d'un catalyseur pour produire des esters méthyliques ou éthyliques (biodiesel) et de la glycérine. Les esters éthyliques ou biodiesels sont fabriqués à partir d'huiles et de graisses naturelles [10].



**Figure I.5:** structure de biodiesel .

### **I.3.2.2. Les Propriétés de biodiésel:**

Le biodiesel a de bonnes propriétés lubrifiantes et un bon indice de cétane par rapport au diesel à faible teneur en soufre. Les carburants à pouvoir lubrifiant plus élevé peuvent prolonger la durée de vie des équipements d'injection de carburant à haute pression qui dépendent du carburant pour la lubrification. Selon le moteur, cela peut inclure la pompe d'injection haute pression, les injecteurs de pompe (également appelés injecteurs unitaires) et les injecteurs de carburant. Le pouvoir calorifique du biodiesel est d'environ 37,27 MJ/kg. C'est 9 % de moins que le diesel de pétrole n° 2 ordinaire. Les variations de la densité énergétique du biodiesel dépendent davantage de la matière première utilisée que du processus de production. Cependant, ces changements étaient moins prononcés que pour le diesel pétrolier. [3]

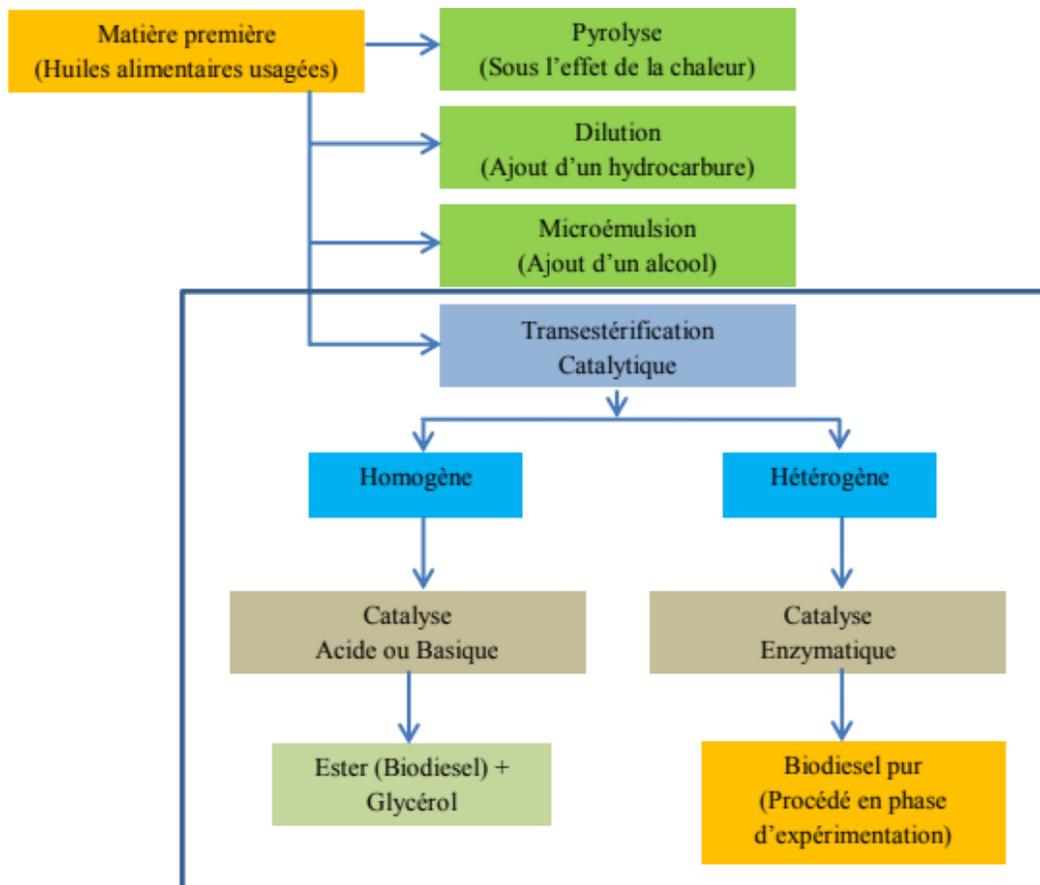
On dit que le biodiesel a un meilleur pouvoir lubrifiant et une combustion plus complète, améliorant le rendement énergétique du moteur et compensant partiellement la densité énergétique plus élevée du diesel pétrolier. Le biodiesel peut varier en couleur du brun doré au brun foncé, selon la méthode de production. Il est légèrement miscible à l'eau, a un point d'ébullition élevé et une faible pression de vapeur. Le biodiesel a un point d'éclair de plus de 130 °C (266 °F), nettement plus élevé que le diesel à base de pétrole, qui peut être aussi bas que 52 °C (126 °F). Le biodiesel a une densité d'environ 0,88 g/cm<sup>3</sup>, ce qui est supérieur au diesel

pétrolier (environ 0,85 g/cm<sup>3</sup>). Le biodiesel contient peu ou pas de soufre et est souvent utilisé comme additif au diesel à très faible teneur en soufre (ULSD) pour faciliter la lubrification, car les composés soufrés du diesel pétrolier fournissent la majeure partie du pouvoir lubrifiant. [3]

### **I.3.2.3. Méthode de production de Biodiesel :**

- Il existe plusieurs technologies établies pour la production de biodiesel. Les huiles végétales et les graisses animales peuvent être modifiées pour réduire la viscosité et avoir des propriétés qui les rendent aptes à être utilisées comme carburants pour moteurs diesel. Il existe de nombreuses façons de rendre ce changement possible. [6]. On distingue quatre méthodes principales de production de dérivés d'huiles végétales :
- *La Pyrolyse .*
- *La dilution.*
- *Microémulsion.*
- *La Transestérification.*

Pour notre étude on a utilisé la dernière méthode qui est la transestérification



**Figure I.6:** Techniques de production du biodiesel.

#### **I.3.2.4. Transestérification**

Le processus de transestérification est l'un des processus les plus importants et les plus connus pour convertir les huiles végétales en biodiesel. Dans la partie suivante, nous détaillerons la méthode de transestérification pour la production de biodiesel à partir d'huile végétale.

La transestérification ou alcoololyse est la réaction chimique qui permet d'obtenir du biodiesel, soit le passage de l'huile végétale aux esters alkylés d'huile végétale usagée. La transestérification est le processus de mélange d'huiles végétales usagées avec des alcools (éthanol ou méthanol) en présence de catalyseurs qui sont des acides ou des bases de Bronsted et/ou de Lewis. Si l'alcool est du méthanol, il y a méthanolyse (figure I.7), et si l'alcool est de l'éthanol, il y a éthanolyse. La réaction globale produit 3 moles d'ester et 1 mole de glycérol à partir de 1 mole de triglycéride. [24]

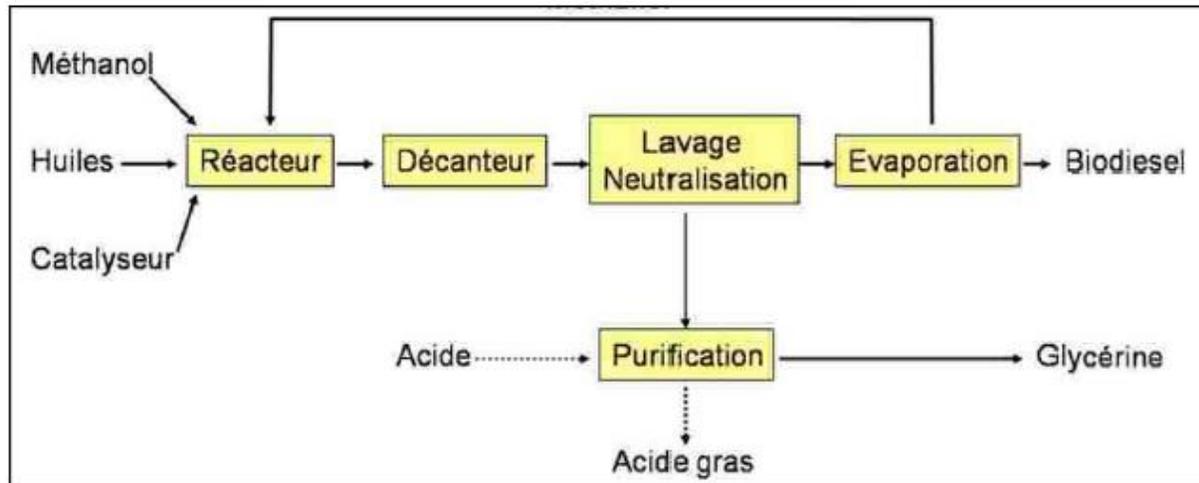


Figure I.7: Schéma de la fabrication du biodiesel par transestérification .

**1) Equation de la réaction de transestérification :**

Cette réaction de transestérification est régie par l'équation bilan ci-dessous suivante : [11]

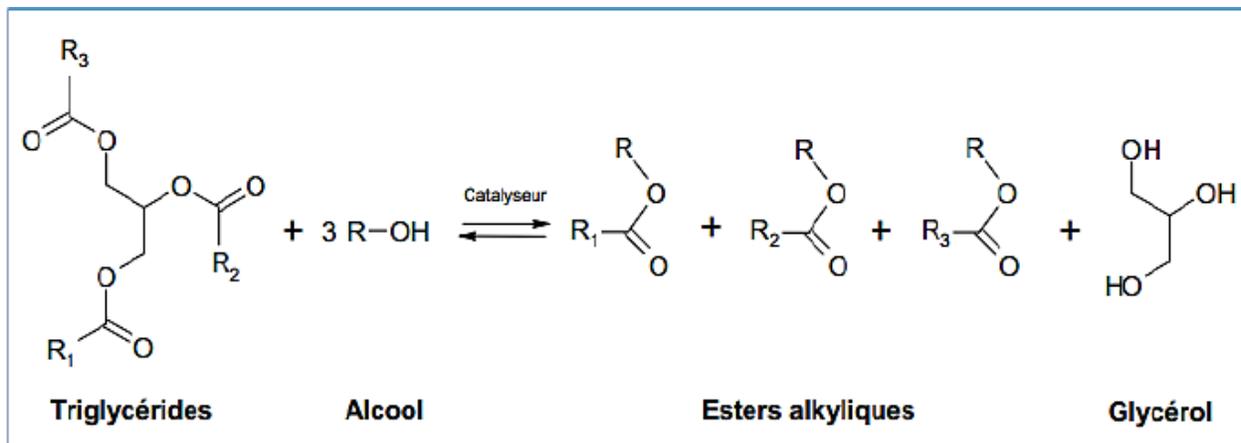
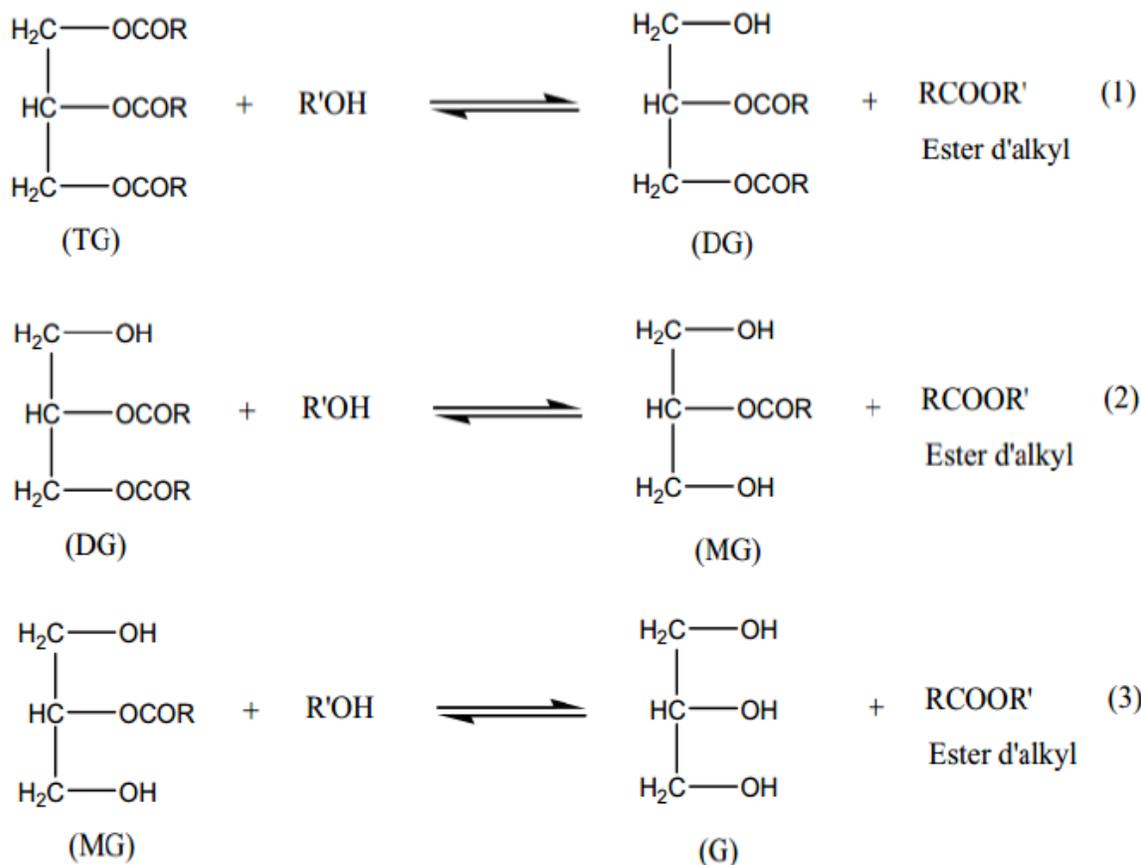


Figure I.8 : Equation de transestérification.

**2) Mécanisme de la réaction :**

La réaction de transestérification est chimiquement équilibrée. Les étapes (1) et (2) sont rapides car les fonctions esters primaires sont transestérifiées en premier, l'étape (3) est plus lente. En catalyse basique, le mécanisme est le suivant: [15]



**Figure I.9** : Réactions successives de la transestérification.

### 3) Les paramètres influencent la transestérification :

De nombreux paramètres influencent le processus de transestérification sont :

#### A. Effet du catalyseur :

Une des caractéristiques les plus importantes de la réaction de transestérification est la nature et la qualité du catalyseur. La littérature rapporte une large vision sur les divers catalyseurs utilisés dans cette réaction.

Un catalyseur est défini comme une substance solide ou liquide, il participe à une réaction mais se régénère à la fin de la réaction. Il ne fait donc pas partie des réactifs ni des produits et n'apparaît donc pas dans l'équation d'équilibre [14].

#### ➤ Les catalyses homogènes :

*Les catalyses homogènes basiques :*

Des travaux liés à la production de biodiesel ont été réalisés au moyen, dans la plupart des cas, d'une catalyse basique. Les catalyseurs les plus courants sont l'hydroxyde de sodium et l'hydroxyde de potassium, ces catalyseurs sont utilisés à l'échelle industrielle pour plusieurs raisons : aptitude à catalyser à basse température et pression atmosphérique, importance de taux de conversion atteint en un minimum de temps, large disponibilité et prix bas. La recherche montre que dans le cas de la transestérification, la catalyse basique est plus rapide que la catalyse acide, encore plus dans le cas des huiles végétales qui ne contiennent qu'une faible teneur en acides gras libres (AGLs) proche de 0,5 % en masse, ou dans le cas d'huiles dont l'indice de saponification est inférieur à 1 mg KOH/g. Cependant, certains travaux rapportent que les catalyseurs basiques peuvent supporter des teneurs en AGLs plus élevées. [16]

#### **Les catalyses homogènes acides :**

En raison des difficultés rencontrées en catalyse basique principalement la sensibilité (AGLs) et pour contourner ces limitations, la catalyse acide apparaît comme une alternative exploitable, notamment par l'utilisation catalyseurs tels que les acides minéraux (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). La catalyse acide élimine les réactions parasites qui peuvent endommager au rendement de la réaction. Il peut simultanément catalyser la réaction d'estérification des AGLs et transestérification des triglycérides, augmentant ainsi la conversion. Il a été rapporté dans la littérature que le catalyseur acide devient plus efficace lorsque la teneur en AGLs de l'huile dépasse 1 % en poids. Cependant, la transestérification en catalyse acide est beaucoup plus lente que le processus dans lequel la catalyse primaire est effectuée. Ainsi, du fait de l'absence de réaction et d'une cinétique très lente, la catalyse acide, lors de la réaction de transestérification, nécessite des conditions strictes qui sont : une température de réaction élevée, une teneur élevée en alcool/huile et temps réaction prolongée. De plus, les catalyseurs acides sont corrosifs et par conséquent l'entretien des installations industrielles deviennent difficiles et coûteuses [16].

Le tableau suivant présente les avantages et les inconvénients des catalyseurs basiques et acides :

**Tableau I.2: Avantages et inconvénients des catalyseurs basiques et acides [16].**

Catalyseurs basiques		Catalyseurs acides	
Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
- Catalyseurs disponibles (NaOH, KOH), moins coûteux. - Conditions réactionnelles modérées (T et P faibles).	-Sensible aux AGLs -Existence de réaction de saponification. -Difficulté de purification du produit final pour cause d'émulsion savonneuse.	-Insensible aux AGLs et à l'eau contenue dans l'huile. -Estérification et transestérification simultanées, ce qui améliore le rendement.	-Réaction très lente. -Réactions coûteuses en énergie. -Corrosion des installations. -Impossibilité de récupérer le catalyseur.

***Les catalyses hétérogènes :***

De nombreuses études ont étudié la transestérification dans les milieux hétérogènes. Le nombre de publications dans le domaine de la stimulation hétérogène a considérablement augmenté au cours des quatre dernières années. certains ont utilisé catalyseurs bien connus tels que CaO, alumine dopée cationique, zircone greffés , les hydrotalcites , zéolithes... d'autres ont développé de nouveaux solides pour cette réaction ou des catalyseurs d'origine naturelle. [14]

***Les catalyseurs hétérogènes acides***

La catalyse acide hétérogène a suscité un grand intérêt en raison de sa capacité pour transestérifier les huiles acides sans limiter la formation de savon. En effet, la catalyse acide peut transestérifier les triglycérides et estérifier les acides libres, ce qui augmente les performances. Les catalyseurs acides les plus couramment utilisés en production. de biodiesel sont : ZrO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, zéolithes, résines échangeuses d'ions et hétéro poly acides [16].

***Les catalyses hétérogènes basiques :***

Les principaux catalyseurs hétérogènes basiques utilisés par l'industrie des biodiesels, sont classés par leur importance, à l'instar des oxydes alcalino-terreux, des oxydes métalliques mixtes, des sels, des métaux alcalins sur supports poreux, des zéolithes ou encore, des bases organiques solides, ces catalyseurs, les oxydes ont suscité

un intérêt à cause de leur basicité relativement élevée, leur faible solubilité dans les alcools et leur production éventuelle à partir des matières premières moins onéreuses . [16]

Les procédés industriels alternatifs utilisent souvent des catalyseurs basiques homogènes en raison de leur faible coût et de leurs vitesses de réaction élevées dans des conditions de pression et de température modérées. Cependant, ces procédés sont particulièrement adaptés aux sources pétrolières à très faibles concentrations d'eau et d'acides libres, telles que les huiles végétales raffinées et les graisses animales. Il est donc dans l'intérêt de recycler les huiles usagées et même les huiles non comestibles [26]. Le tableau ci-dessous compare les deux types de catalyse de transestérification d'huiles végétales.

**Tableau I.3 : Comparaison des catalyses homogènes et hétérogènes. [26]**

	Catalyse Homogène	Catalyse Hétérogène
Conditions de température et de pression	Douces : 45 à 85°C à la pression atmosphérique	Elevées : 180 à 220°C sous 40 à 60 bars
Vitesse de la réaction	Elevée	Faible
Séparation catalyseur/produits	Pas aisée	Facile
Formation de savons, émulsion	Oui	Non
Emission de gaz à effet de serre	Plus importante	Moins importante
Coût du catalyseur	Faible	Moins faible
Durée de vie du catalyseur	Courte	Plus longue
Rendement	98,5 à 99,4%	Peut atteindre 100%

### **B. Le rapport alcool/huile et type d'alcool :**

La réaction est bidirectionnelle (transestérification et condensation); donc pour Le déplacement de l'équilibre vers la formation d'esters nécessite un excès soit réactif. La stoechiométrie de la réaction de transestérification indique le nombre de moles La teneur en alcool est trois fois supérieure à celle des triglycérides. Donc, au moins, vous devez doubler le montant Le nombre de moles d'un des réactifs. Consommation excessive d'alcool pour

différentes raisons ; rapport molaire Alcool/huile d'au moins 6. La littérature montre que ce rapport varie fortement selon la nature de l'huile et du catalyseur utilisé. [21]

Le méthanol et l'éthanol sont les principaux alcools utilisés dans la réaction de transestérification. Le méthanol a une meilleure réactivité que l'éthanol, mais sa solubilité est plus faible, ce qui limite l'efficacité du transfert de masse. D'autre part, l'éthanol est soluble mais moins réactif que le méthanol, ce qui a un effet positif sur le rendement mais un effet négatif sur la vitesse de réaction. Cet avantage de rendement est également affecté par le fait que le mélange obtenu après réaction avec l'éthanol forme une émulsion forte, entraînant ainsi des difficultés lors de la séparation . [22]

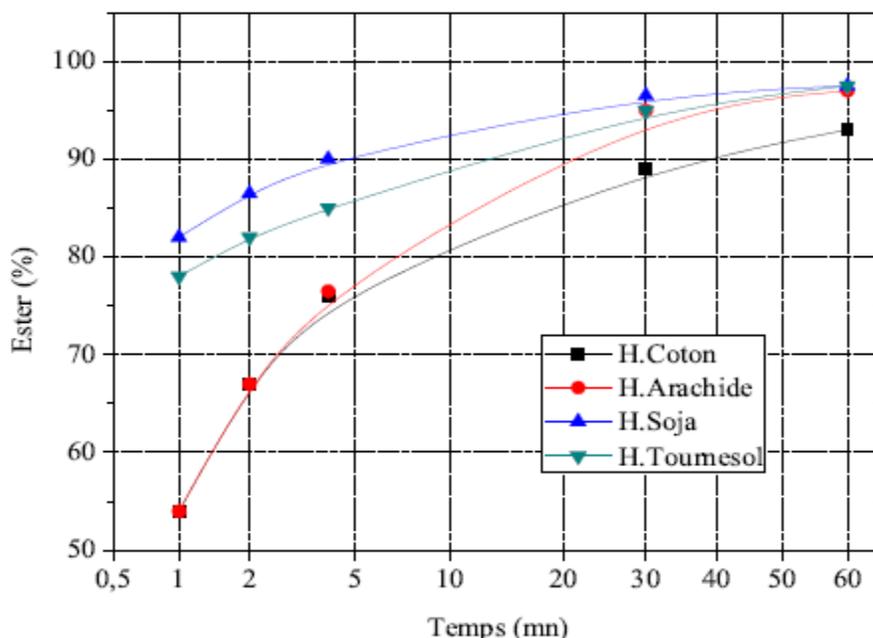
### **C. La nature des réactifs :**

Le méthanol est plus réactif que l'éthanol, mais sa solubilité et ses limites de rendement sont plus faibles en raison du transfert de masse. L'éthanol est plus soluble mais moins réactif que le méthanol, ce qui a un effet positif sur le rendement mais un effet négatif sur la vitesse de réaction. Cet avantage de rendement est également influencé par le fait que le mélange obtenu après réaction avec l'éthanol forme une émulsion forte et pose donc des difficultés.

entre les divisions. Une technique suggère de mélanger de l'éthanol et du méthanol Profitez des bienfaits de chacun des deux alcools.[12]

### **D. Effet du temps :**

Lors de la transestérification de l'huile d'arachide, 80% de l'ester obtenu après 2 heures de réaction a été formé en 5 minutes . De même, l'alcoolyse de l'huile de menhaden a conduit à des taux de conversion de 80-99% en utilisant plusieurs variétés d'alcools, à des températures de 60-100°C pour un temps de réaction compris entre 2-60 minutes. La méthanolyse des huiles d'arachide, de soja, de coton et de tournesol raffinées a été rapportée par Freedman . La figure 8 indique l'effet du temps de réaction sur le pourcentage de la conversion lorsque 100% d'excès de méthanol, c'est à dire un ratio molaire de 6:1 a été utilisé. Alors qu'à la première minute, il est à constater près de 80% de conversion pour les huiles de soja et de tournesol, le taux de conversion des huiles de coton et d'arachide n'excède guère 55%. Cependant, après 60 minutes de réaction, la conversion (sauf pour l'huile de coton) atteint 95%.[18]



**Figure I.10 : Effet du temps de la réaction en catalyse basique [18].**

### E. Effet de la température :

L'alkoolyse alcaline des huiles végétales est normalement réalisée aux environs du point d'ébullition de l'alcool utilisé. Cependant, des chercheurs ont rapporté que la réaction peut se faire à la température ambiante.

Freedman et al. ont étudié la méthanolyse de l'huile de soja raffinée à 60, 45 et 32°C, en utilisant les conditions de la (figure 9) A cause de l'exothermicité de la réaction, lorsque le catalyseur est ajouté au mélange réactionnel à la température ambiante de 28°C, la température s'élève à 32°C dans le mélange. Après 5 minutes de réaction, les esters présents dans les réactions à 60, 45°C et 32°C représentent respectivement 94, 87 et 64% de la masse d'huile utilisée. Après 1 heure de réaction, le taux de conversion est identique (96%) pour les réactions à 60 et 45°C, et un peu plus bas (92%) pour celle à 32°C. Après 4 heures de réaction le taux de conversion de la réaction à 32°C dépasse légèrement ceux des autres cas (45 et 60°C). [18]

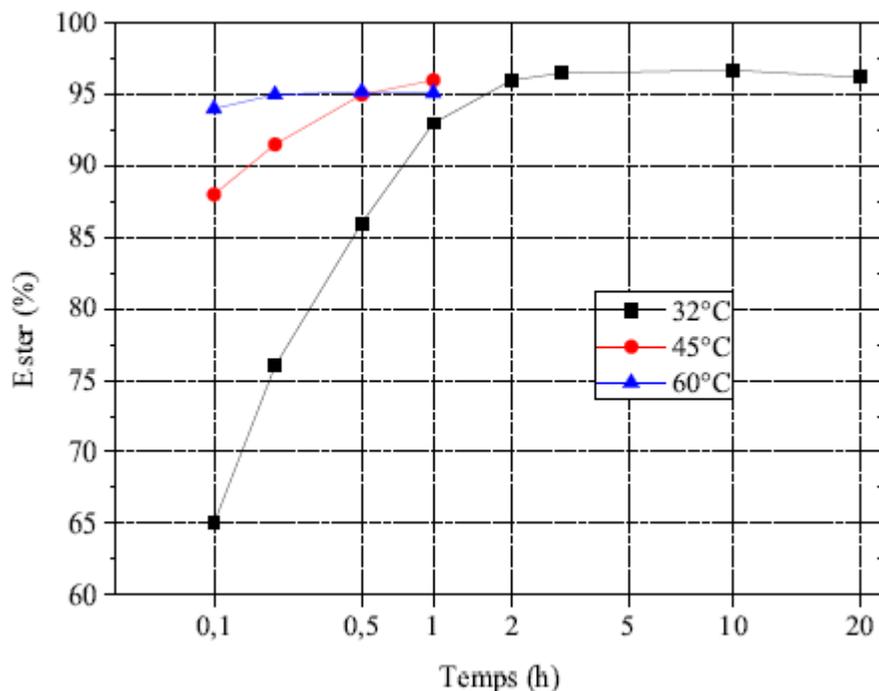


Figure I.11: Rendement de la réaction en fonction du temps [18].

#### F. L'agitation :

L'agitation dans les réactions chimiques est connue pour avoir un effet positif sur la vitesse car il favorise l'homogénéité de l'environnement, et d'où le contact entre différents réactifs. Ceci est plus utile pour la transestérification simplement parce que les réactifs ne sont pas complètement miscibles : Par conséquent, l'homogénéisation a du sens pour cette réaction [29].

### I.3.2.5. Les avantages et les inconvénients de biocarburants :

#### A. *Les avantages:*

sont nettement moins chers que essence et autres combustibles fossiles.

- **Source:**

Le pétrole est une ressource finie alors que les biocarburants peuvent être fabriqués à partir d'une variété de matériaux, y compris déchets de culture, engrais et autres sous-produits.

- **Renouvelables :**

Il faut des milliers d'années pour produire du carburant fossile alors que la matière première des biocarburants est renouvelable Plus vite.

- **Sécurité :**

Réduire la dépendance aux sources d'énergie étrangères, les pays peuvent protéger l'intégrité de leurs ressources énergétiques et se libérer influences extérieures.

- **La stimulation économique:**

Parce que les biocarburants sont produits localement, les usines de biocarburants peuvent générer de nouveaux emplois dans les zones rurales. Production de biocarburant augmentera également la demande de cultures destinées à biocarburants, stimulant ainsi l'économie du secteur agricole.

- **Biodégradabilité :**

Le biocarburant est facile à décomposer et moins dangereux à manipuler que les carburants conventionnels.

- **Faible émission de carbone:**

Lorsque les biocarburants sont brûlés, ils produisent beaucoup moins de carbone et beaucoup moins de toxines. C'est une alternative plus sûre pour préserver la qualité atmosphérique.

### ***B. Les inconvénients***

- **Production d'énergie:**

Les biocarburants économisent plus d'énergie inférieure au carburant conventionnel et donc plus exigeant énergie pour produire la même quantité d'énergie.

- **Coût élevé :**

Raffinage des biocarburants pour une production d'énergie plus efficace et construire les usines de production nécessaires pour augmenter le nombre Les biocarburants nécessiteront un investissement initial important.

- **Utilisez de l'eau :**

Une grande quantité d'eau est nécessaire pour un irrigation adaptée des cultures pour les biocarburants, ainsi que pour la production de carburant, qui peut peser sur les ressources en eau niveau local et régional.

- **Disponibilité :**

Les biocarburants ne sont pas encore disponibles pour les consommateurs et la plupart des véhicules non équipés pour fonctionner aux biocarburants.

- **Odeur :**

Selon le type de biocarburant, nous sommes parfois confrontés lorsque produisent des odeurs indésirables. [17]

### **II.3.2.6. Utilisation des biodiesels**

#### **1) Moteur diesel :**

Le moteur diesel, également appelé moteur à combustion à compression, est un moteur à combustion interne qui s'auto-allume lors de l'injection de carburant, en raison du phénomène d'auto-inflammation dû à la température élevée dans la chambre de combustion. Celles-ci sont obtenues par des taux de compression élevés, permettant d'atteindre des températures comprises entre 700 et 900°C. Pour les petits moteurs, les bougies de préchauffage sont souvent utilisées pour mieux permettre le démarrage à froid, en élevant temporairement la température d'un point de la chambre de combustion. Pour les gros moteurs de fioul et de bateaux fixes, il est chauffé à haute température pour permettre le démarrage [10]

#### **2) Utilisation des biodiesels dans les moteurs diesel :**

Les biodiesels semblent être un produit prometteur pour remplacer à court terme les carburants fossiles car ils sont renouvelables, biodégradables et issus de ressources agricoles présentes dans la plupart des pays producteurs d'exportation. En plus des facteurs qui viennent d'être mentionnés, l'utilisation du biodiesel présente plusieurs avantages pour le moteur.

ils sont pratiquement sans soufre. (0,001% en masse), ils réduisent significativement les émissions de suie, ils ne contiennent pas de benzol ou d'autres ingrédients cancérigènes polyaromatiques, ils ont des propriétés lubrifiantes intéressantes et peuvent donc contribuer à augmenter la durée de vie du moteur, le biodiesel a un point éclair plus bas que le diesel. Contrairement au diesel à base de pétrole, ils comprennent l'ester méthylique d'huile végétale (EMHV) ou l'ester éthylique d'huile végétale (EEHV). Comme nous l'avons vu précédemment, ces Alkyl Esters ont des propriétés comparables à celles du gazole, les rendant préférables aux huiles végétales et ont des temps de distillation entre 320°C et 320°C à 350°C, ce qui en fait parmi les plus lourds des carburants diesel. [10]

- **Mélange diesel-biodiesel :**

Le biodiesel peut être mélangé et utilisé dans de nombreuses concentrations différentes. Les plus courantes sont le B5 (jusqu'à 5% de biodiesel) et le B20 (de 6% à 20% de biodiesel). Le

B100 (biodiesel pur) est généralement utilisé comme base pour produire des mélanges à plus faible pourcentage et c'est rarement utilisé comme carburant de transport. [27]

- **Mélanges à faible teneur:**

Les mélanges de biodiesel à faible teneur, tels que le B5, sont approuvés par l'ASTM pour une utilisation sécuritaire dans tous les moteurs à allumage par compression conçus pour fonctionner au diesel conventionnel. Cela peut inclure les voitures et camions diesel légers et lourds, les tracteurs, les bateaux et les générateurs électriques.

**B20:** Le B20 est un mélange courant car il représente un bon équilibre entre coût, émissions, performances par temps froid et compatibilité avec les moteurs conventionnels. La plupart des utilisateurs de biodiesel achètent du B20 ou des mélanges inférieurs auprès de leurs distributeurs de carburant habituels ou auprès de distributeurs de biodiesel. Les flottes réglementées qui utilisent des mélanges de biodiesel de 20% ou plus sont admissibles à des crédits d'utilisation de carburant biodiesel en vertu de l'Energy Policy Act de 1992.[27]

Le B20 doit respecter les normes de qualité prescrites telles que spécifiées par l'ASTM D7467.[27]

### 3) les émissions de particules des véhicules diesel par l'utilisation de biodiesel :

Les émissions du biodiesel peuvent varier en fonction du pourcentage de biodiesel dans le mélange, de la qualité du carburant, de la technologie du moteur et des conditions d'utilisation.

Les émissions de biodiesel sont généralement considérées comme plus favorables pour l'environnement que celles du diesel conventionnel. Voici une comparaison des émissions entre le diesel et le biodiesel [14] :

- **Gaz à effet de serre :** Le biodiesel émet moins de gaz à effet de serre que le diesel conventionnel. En raison de sa source renouvelable, le biodiesel réduit les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) lors de sa combustion par rapport au diesel fossile. La quantité exacte de réduction dépend du pourcentage de biodiesel dans le mélange.
- **Particules fines :** Les particules fines, également appelées PM<sub>2,5</sub>, sont de petites particules en suspension dans l'air qui peuvent avoir des effets nocifs sur la santé humaine. Le biodiesel émet généralement moins de particules fines que le diesel conventionnel, ce qui contribue à améliorer la qualité de l'air.

- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : Les HAP sont des composés chimiques toxiques qui peuvent se former lors de la combustion du diesel. Le biodiesel émet moins de HAP que le diesel conventionnel, ce qui réduit les risques pour la santé et l'environnement.
- Oxydes d'azote (NOx) : Les NOx sont des polluants atmosphériques qui contribuent à la formation de smog et ont un impact sur la qualité de l'air. Les émissions de NOx peuvent varier en fonction de la composition spécifique du biodiesel et de la technologie du moteur utilisée. Dans certains cas, le biodiesel peut avoir des émissions de NOx légèrement plus élevées que le diesel conventionnel, tandis que dans d'autres cas, il peut les réduire.

# Chapitre II

### **II.1. Introduction :**

Ce chapitre expérimental se concentre sur la production de biodiesel, en mettant l'accent sur les méthodes et les processus utilisés pour transformer les matières premières en biocarburant.

La Trans-estérification est la méthode de notre choix pour transformer les huiles dans notre cas, car étant plus adaptée au contexte de carburant de remplacement. Tous les essais ont été réalisés avec un montage de chauffage à reflux.

Les tests de caractérisation de biodiesel, ainsi que les matériels utilisés et les méthodes appliquées, dans ce travail sont présentés dans ce chapitre.

### **II.2. Matières premières :**

La matière première qui a servi à notre étude est un échantillon obtenu de l'huile de friture usagée (de la marque Elio®) collectée auprès d'un restaurant de la ville d'AIN Témouchent.



**Figure II.1 :** Huile usagée récoltée.

Composition chimique de l'huile Elio® :

Elle est composée essentiellement d'huile de soja (Figure II.2).



**Figure II. 2 :** Composition de l'huile Elio®.

**II.3. Filtration sous-vide de l'huile :**

- **Mode opératoire :**

Le but de cette étape est d'éliminer les résidus de la friture afin de faciliter la réaction. Cette étape se réalise à l'aide d'une pompe électrique sous vide, c'est-à-dire d'extraire l'air afin d'en diminuer la pression. Pour accélérer son effet nous plaçons du papier filtre à la base de l'entonnoir. La filtration de cette huile peut se faire uniquement à l'aide du papier filtre mais prend beaucoup plus de temps en raison de la viscosité de l'huile (figure II .3).

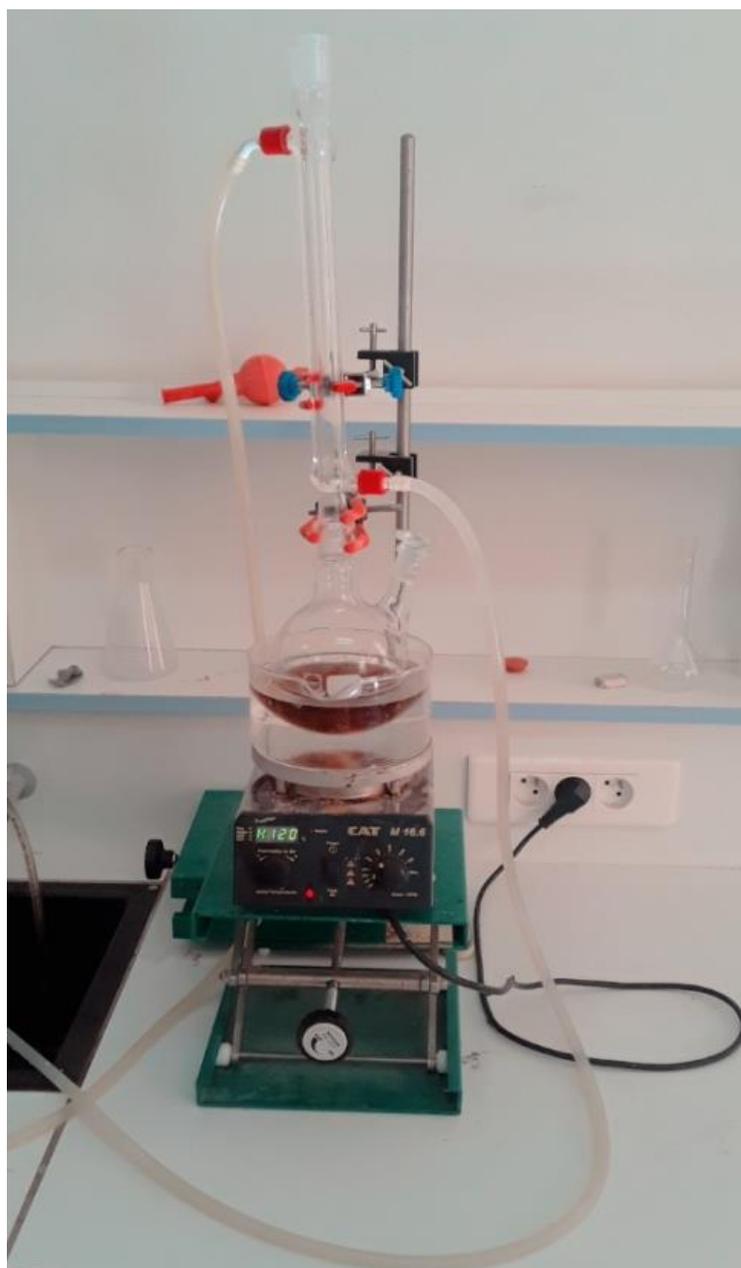


**Figure II .3 :** Filtration sous vide de l'huile de friture usée.

## II.4. Synthèse de biodiesel:

### II.4.1 Trans estérification des huiles usées

Dans un ballon d'une capacité de 250 ml, auquel est adapté un réfrigérant, un thermomètre, la quantité nécessaire d'huile (HUF) est chauffée à la température désirée sous agitation magnétique. La température étant stabilisée, une solution de soude +méthanol préalablement préparée est ajoutée à l'huile sous agitation. La température de réaction est maintenue de 60 °C pendant un temps d'une 75min. Les conditions opératoires correspondent à différents rapport molaire alcool / huile de : 10 /1, 8 /1, et à un pourcentage massique KOH / huile de 1%. Le montage de l'installation est présenté dans la figure ci-après



**Figure II.4:** Montage de la réaction de transestérification.

### **II.4.2 Décantation :**

En fin de réaction, le produit de la réaction de transestérification est transféré dans une ampoule à décanter. Après 24 h de repos, nous observons une séparation du mélange contenu dans l'ampoule de décantation. Ceci est preuve que la séparation a généré deux nouveaux produits : le glycérine et le biodiesel. Ensuite la glycérine obtenue est introduite séparément dans un flacon (**Figure II.5**).



**Figure II.5 :** Décantation de biodiesel.

### **II.4.3 Lavage et séchage :**

Afin d'éliminer l'excès d'alcool et de catalyseur, le biodiesel obtenu doit être lavé plusieurs fois avec à l'eau distillée chaude (trois fois ou plus) (**Figure II.6**). Enfin le produit obtenu est séché à 100°C



Figure II.6 : Lavage de biodiesel.

## II.5. Méthodes de caractérisations du biodiesel :

### II.5.1 Détermination du rendement :

Le rendement est défini comme étant la masse de biodiesel extraite, divisé par la masse de l'huile usagée. Le rendement massique du produit obtenu à partir de l'extraction sera calculé par la formule suivante :

Equation II.1

$$\eta\% = 100 * \frac{m_{ester}}{m_{huile}}$$

Avec :

$m_{ester}$ : La masse de biodiesel synthétisé en (g) ;

$m_{(huile\ usagé)}$  : La masse de l'huile usagée en (g).

### II.5.2 Détermination de L'indice de réfraction

- **Définition:**

L'indice de réfraction des huiles varie selon leur structure, et la réfraction mesurée par le prisme dépend de l'évolution de la vitesse de propagation de la lumière. Cette modification sera proportionnelle au degré de saturation des acides gras, ainsi une idée plus ou moins précise pourra être obtenue. [7]

- **Mode opératoire :**

L'indice de réfraction est déterminé selon le protocole suivant :

- Mettre en marche le réfractomètre puis régler la distance entre les oculaires pour avoir une vision nette du réticule et de l'échelle de lecture des indices de réfraction.
- Déposer ensuite le liquide en quantité suffisante à l'aide d'une pipette sur la face horizontale du prisme réfractomètre en faisant bien attention de ne pas rayer la face du prisme lors de ce dépôt.
- En tournant ensuite le bouton moleté de gauche, chercher à obtenir un maximum de contraste entre les deux plages et une ligne de séparation aussi nette que possible.
- Une fois ces opérations effectuées, il suffit de regarder dans l'oculaire d'échelle et de lire la valeur de l'indice de réfraction sur l'échelle supérieure.

### II.5.3 Détermination de l'indice d'acidité

#### a. Définition :

L'indice d'acide est défini comme le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour neutraliser les acides gras libres présents dans un gramme de graisse. Il s'agit d'une mesure relative du rancissement, car les acides gras libres se forment généralement lors de la dégradation des glycérides dans les huiles. La valeur est également exprimée en pourcentage d'acides gras libres. [26]. L'IA est donnée par la relation :

#### Equation II.2

$$I_A = \frac{V_E \times C_{KOH} \times M}{m}$$

Avec :

M : masse molaire de KOH (56 g.mol).

$V_E$  : volume de la solution titrée de KOH utilisée (mL).

$C_{KOH}$  : concentration exacte de la solution titrée de KOH (mol.L) .

m : masse de la prise d'essai (g).

#### b. Principe

Il s'agit de dissoudre la matière grasse dans de l'éthanol chaud neutralisé, puis titrer les acides gras libres (AGL) présents au moyen d'une solution titrée de KOH en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré.

#### c. Mode opératoire :

Le protocole suivant, comporte les étapes à suivre en vue la détermination de l'indice d'acidité : (figureII.7)

- Peser à l'aide d'une balance 0,5 g des huiles dans une masse avec précision.
- Prélever 10 ml de méthanol à l'aide d'une pipette et les ajouter dans l'erenmeyer et bien mélanger.
- Ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine dans la solution comme indicateur coloré.
- Titrer par la solution du potasse KOH (0,2M) jusqu'à la coloration rose.
- Noter avec précision le volume de KOH



Figure II.7: Détermination de l'indice d'acide.

#### II.5.4 Détermination de l'indice de saponification

##### a Définition :

l'indice de saponification est la quantité de sel de potassium (KOH) ou (NaOH) nécessaire pour saponifier 1 gramme de graisse, exprimée en milligrammes . En effet, plus il y a d'atomes de carbone dans la molécule d'acide, plus l'indice de saponification est faible. Il représente la longueur de la chaîne hydrocarbonée des acides gras [7]. L'IS est donnée par la relation :

##### Equation II.3

$$I_s = \frac{(V_T - V_E) \times C_{HCl} \times M_{KOH}}{m}$$

**Avec :**

**V<sub>T</sub>** : volume en ml de la solution d'acide chlorhydrique (HCL) à 1mol/l pour la titrage du blanc

**V<sub>E</sub>** : volume en ml de la solution d'acide chlorhydrique (HCL) à 1mol/l pour le titrage d'échantillon .

**C<sub>HCl</sub>** : concentration d'acide chlorhydrique (HCL).

**M**: normalité exacte de la solution chlorhydrique .

**m** : la masse d'échantillon.

### **b** Principe

Un excès d'hydroxyde de potassium dans un alcool est chauffé avec un échantillon de corps gras solubilisé dans un solvant jusqu'à saponification complète. L'excès d'alcalin est ensuite titré avec une solution d'acide chlorhydrique.

### **c** Mode opératoire :

La détermination de l'indice de saponification a été réalisée selon le protocole décrit cidessous.

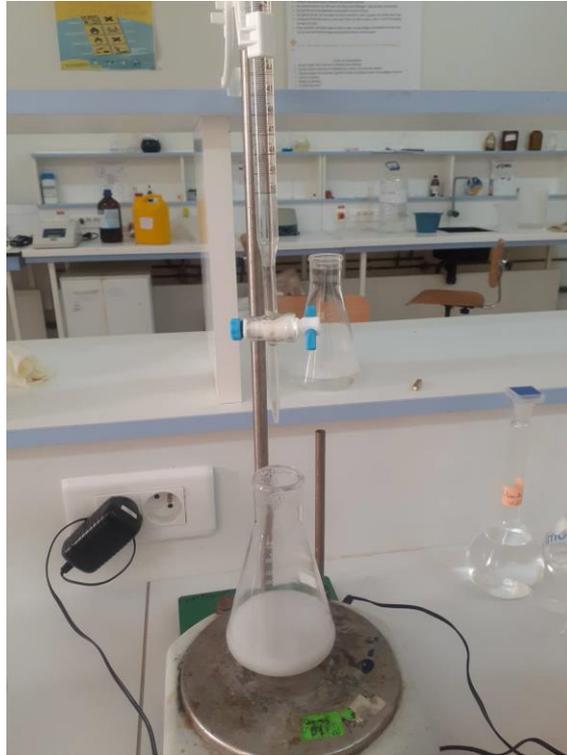
La figure (II.8) représente le montage de la réaction de saponification.

- Peser à l'aide d'une balance 0,5 g des huiles dans un ballon de 250 ml, et noter la masse pesée avec précision.
- Ajouter dans un ballon 1,5 g d'éthanol
- Ajouter dans un ballon 25ml de la solution de la potasse de KOH (0,2 M).
- Chauffer le contenu de ballon à reflux au bain marie pendant 30 minutes à partir de l'ébullition.



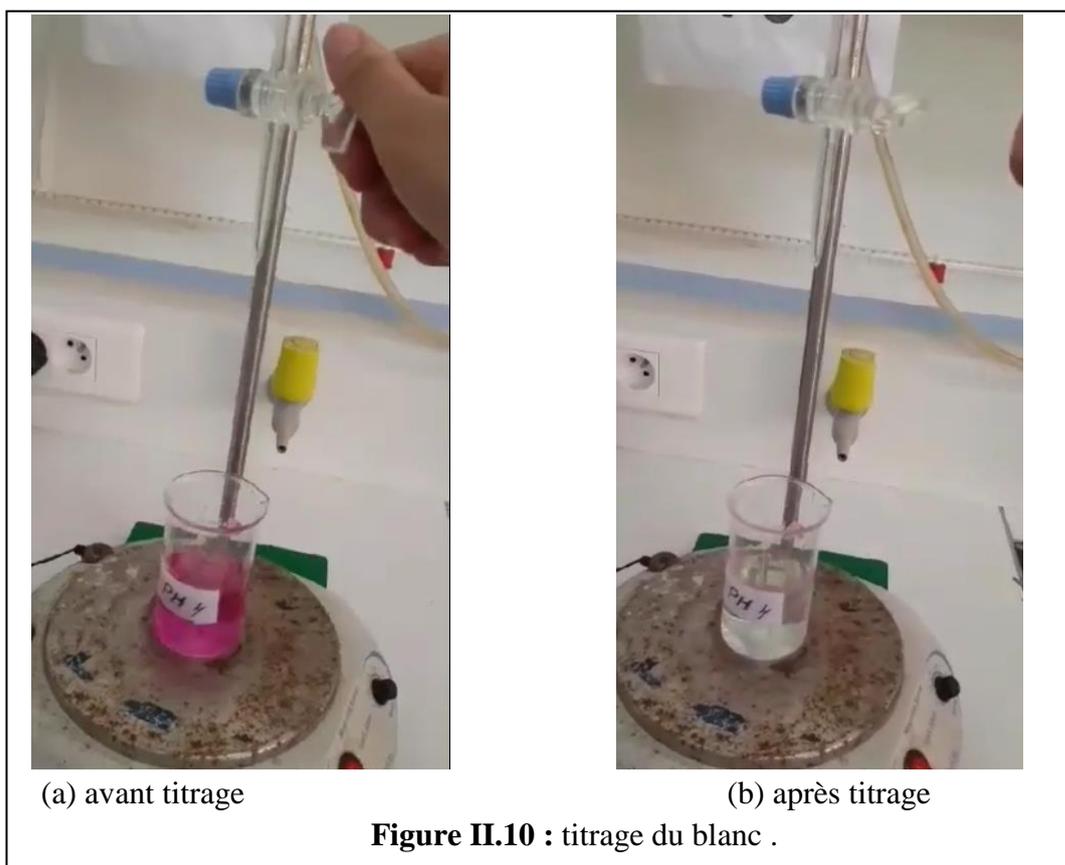
**Figure II.8:** montage de la réaction saponification .

- Après refroidissement, titré en retour par la solution aqueuse d'acide chlorhydrique (HCl 0,1M) en présence de phénolphtaléine, à l'équivalence, la solution vire au rose.
- Noter avec précision le volume de HCl utilisé lors du titrage (figure **II.9**)



**Figure II.9** : titrage d'indice de saponification.

Dans les mêmes conditions opératoires on fait le titrage du blanc et doser jusqu'au virage à l'incolore de la phénolphtaléine (figure **II.10**)



### **II.5.5 Détermination l'indice d'ester :**

est qui la masse d'hydroxyde de potassium (KOH), exprimée en milligrammes, nécessaire pour saponifier les acides gras estérifiés contenus dans un gramme de corps gras. La valeur du nombre d'ester des échantillons de biodiesel était calculé comme la différence entre l'indice de saponification et l'indice d'acide [26].

**Equation II.4 :**

$$IE = IS - IA$$

### **II.5.6 Détermination de La densité :**

- **Définition :**

La densité constitue une caractéristique importante, principalement pour les biocarburants, car elle conditionne le dimensionnement et les particularités technologiques des organes d'alimentation (pompes, injecteurs). De plus, sur un système installé, une utilisation de biocarburants de densité largement différentes, entraînerait des modifications de réglages de combustion avec des répercussions sur la puissance maximale, le rendement et les émissions de polluant . [7].

Pour la mesure de la densité de biodiesel synthétisé nous avons mis d'abord l'ester éthylique obtenu dans un milieu basique et l'eau qui constitue la référence pour le calcul de densité des liquides. La masse volumique pb de biodiesel synthétisé et la masse volumique de l'eau peu en utilisant la relation suivante: [5]

**Equation II.5 :**

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Avec :

$\rho$ : La masse volumique du biodiesel

$m$ : La masse de volume de mesure rempli du biodiesel

$V$  : Le volume de mesuré du biodiesel

La densité de biodiesel synthétisé a été calculée en utilisant la relation suivante :

**Equation II.6 :**

$$D = \frac{\rho_b}{\rho_{eau}}$$

Avec :

$D$  : la densité de biodiesel obtenu .

$\rho_b$ : masse volumique de biodiesel obtenu.

$\rho_{eau}$  : masse volumique d'eau. [5]

### **II.5.7 La spectroscopie infrarouge IR :**

#### **Définition :**

La spectroscopie infrarouge est une technique d'analyse qui traite la région infrarouge du spectre électromagnétique. Le principe de spectrométrie d'absorption IR est simple, lorsqu'un corps est traversé par un rayonnement IR, certaines de ces liaisons chimiques entrent en résonance pour certaines fréquences de rayonnement. Le rayonnement IR émergent subit une atténuation pour les domaines de fréquence caractéristiques des liaisons du corps analysé. L'importance de l'atténuation est fonction de la concentration de la liaison considérée. [25]

L'analyse infrarouge du biodiesel est essentielle pour déterminer les bandes caractéristiques des groupements fonctionnels du biodiesel telles que les esters méthyliques, les acides gras libres, les impuretés huileuses et les contaminants. Cela peut examiner si le biodiesel répond aux normes de qualité et est exempt de composés indésirables.

# Chapitre III

### III. Caractérisation du biodiesel

Les biodiesels synthétisés et l'huile utilisée ont été caractérisées par la mesure de densité, l'indice de réfraction, l'indice d'acide, l'indice de saponification ainsi que par l'analyse spectroscopie d'Infrarouge (IR).

#### Les rapports alcool/huile :

Les rapports alcool/huile font référence à la proportion d'alcool par rapport à l'huile utilisée dans le processus de transestérification pour produire du biodiesel. Lors de la production de biodiesel, les triglycérides présents dans l'huile réagissent avec l'alcool pour former des esters, qui sont les composants principaux du biodiesel.

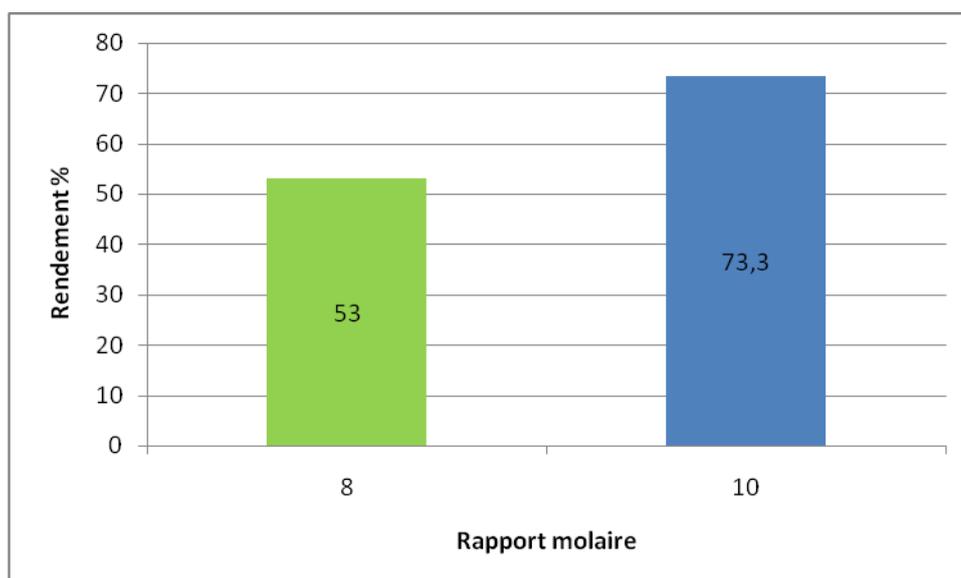
Dans cette étude, deux rapports alcool/huile ont été utilisés 10/1 et 8/1.

#### III.1. Rendement en biodiesel :

La transestérification de l'HFU a été effectuée sous les conditions opératoires suivantes : temps de réaction : 75 min, température : 60°C, rapport molaire (alcool / huile) : 8 /1, 10 /1, pourcentage massique KOH / huile : 1%.

**Tableau III.1:** Rendement de biodiesel pour différents rapports utilisés

<b>Rapport massique</b>	8 /1	10 /1
<b>Alcool / huile</b>		
<b>Rendement(%)</b>	53	73,3



**Figure III.1** : Évolution du rendement en biodiesel en fonction du rapport molaire alcool /huile.

Le rendement optimal en biodiesel est de 73% (g biodiesel / g HFU) et correspond au rapport molaire (alcool / HFU) de 10 /1. Le rendement en biodiesel est de 53% pour un rapport 8 /1.

Les résultats trouvés montrent que l'augmentation du rapport alcool/huile est un paramètre important. Il représente la quantité d'alcool nécessaire pour réagir avec les triglycérides présents dans les matières premières. Un rapport élevé d'alcool peut favoriser la réaction de transestérification, implique une amélioration du rendement (R) du procédé de transestérification jusqu'à atteindre un rapport de 10/1 pour lequel un rendement est de 73% est obtenu. Ce qui conduit à un rendement plus élevé de biodiesel.

### **III.2. Paramètres physiques :**

Le tableau III.2 présente les paramètres physiques de l'huile HFU et ses esters.

	<b>Huile de friture</b>	<b>Biodiesel (8/1)</b>	<b>Biodiesel (10/1)</b>	<b>Norme Européenne</b>
<b>Densité</b>	<b>0,896</b>	0,883	0,814	0,86-0,90
<b>Indice de réfraction</b>	1,466	1,459	1,458	-

La densité est un paramètre important pour l'injection du carburant diesel dans le système. Les valeurs de mesure des densités des biodiesels et l'huile utilisée ont été regroupés dans le tableau III. 1. On constate que la réaction de transestérification ou le passage d'état d'huile à celui d'ester (biodiesel) permet de réduire la densité. On outre, concernant la densité du Biodiesel de rapport (8/1), sa valeur de 0,883 se situe bien dans les normes européennes par contre la valeur du Biodiesel de rapport (10/1) n'appartient pas au domaine de normes, valeur inférieure.

Les valeurs de l'indice de réfraction des biodiesels obtenus sont inférieures à celle de l'huile de départ.

En général, l'huile usée et le biodiesel ont des indices de réfraction différents en raison de leurs compositions chimiques distinctes.

L'huile usée est généralement composée d'un mélange complexe d'acides gras, de contaminants et de résidus provenant de la dégradation thermique et de l'utilisation précédente. Ces impuretés peuvent influencer l'indice de réfraction de l'huile usée, ce qui peut varier dans une certaine mesure en fonction de la composition spécifique de l'huile usée.

Le biodiesel, quant à lui, est produit par le processus de transestérification, dans lequel les triglycérides présents dans l'huile sont convertis en esters de biodiesel. Les esters de biodiesel ont généralement un indice de réfraction différent de celui de l'huile usée en raison de leur structure chimique modifiée. Cela peut être dû à la présence d'esters spécifiques dans le biodiesel, tels que les esters méthyliques d'acides gras (EMAG) dans le biodiesel produit à partir de l'huile végétale.

### **III.3. Paramètres chimiques :**

Le tableau III.3 présente les paramètres chimiques de l'huile HFU et des biodiesels.

	Huile de friture	Biodiesel (8/1)	Biodiesel (10/1)	Norme Européenne
<b>Indice d'acide</b>	<b>0,45</b>	<b>0,79</b>	<b>0,44</b>	<b>0,80 max</b>
<b>Indice de saponification</b>	<b>135,00</b>	<b>168,33</b>	<b>114,82</b>	<b>185 -200</b>
<b>Indice d'ester</b>	<b>134,55</b>	<b>167,54</b>	<b>114,38</b>	<b>-</b>

L'indice d'acidité du biodiesel (8/1) est supérieur à celui de biodiesel (10/1). Ceci peut être expliqué par le fait que le premier produit contient plus d'acides gras libres que le deuxième. La teneur en acides libres des corps gras augmente en fonction du temps non seulement suite à la réaction d'hydrolyse des HFU mais aussi à la transestérification causant la séparation des liaisons des triglycérides et formation du glycérol et d'acides gras libres, d'où le résultat obtenu.

La longueur des acides gras constituant l'huile utilisée affecte la valeur de l'indice de saponification. Dans cette étude, les valeurs d'indice de saponification trouvées sont différentes par rapport aux HFU de l'ordre de 168,33 et 114,82 (mg de KOH/g d'Huile) pour le biodiesel (8/1) et (10/1) respectivement.

Dans le processus de transestérification, un rapport alcool/huile plus élevé, tel que 10/1, indique une plus grande quantité d'alcool par rapport à l'huile utilisée. Cela peut favoriser la réaction de transestérification, conduisant à une conversion plus complète des triglycérides en esters. En conséquence, la quantité d'acides gras restants dans le biodiesel final peut être réduite, ce qui se traduit par un indice de saponification potentiellement plus faible.

D'autre part, un rapport alcool/huile plus faible, comme 8/1, signifie qu'il y a une quantité relativement plus faible d'alcool par rapport à l'huile. Cela peut entraîner une conversion légèrement moins complète des triglycérides en esters, laissant potentiellement une plus grande quantité d'acides gras dans le biodiesel final. Par conséquent, l'indice de saponification pourrait être légèrement plus élevé.

Le biodiesel a un indice d'estérification significatif car il contient une quantité élevée d'esters. Il convient de noter que l'huile usée peut être traitée pour produire du biodiesel par un processus d'estérification ultérieur. Dans ce cas, l'indice d'estérification de l'huile usée traitée serait comparable à celui du biodiesel conventionnel. Cependant, le contenu en esters de l'huile usée peut varier en fonction de sa source et de son degré d'usure, ce qui peut affecter la qualité et la performance du biodiesel produit à partir de cette huile.

### **III.3.1. Caractérisation par spectroscopie IR :**

Les spectres infrarouges du biodiesel et de l'huile usée présentent des différences en raison de leurs compositions chimiques distinctes.

Le biodiesel est principalement composé d'esters d'acides gras, tandis que l'huile usée peut contenir un mélange plus complexe de composés organiques, tels que des hydrocarbures, des additifs et des contaminants. Par conséquent, les spectres infrarouges du biodiesel présentent des pics d'absorption caractéristiques pour les vibrations des liaisons ester (C=O) et des chaînes d'acides gras (C-H), tandis que l'huile usée peut présenter des pics d'absorption supplémentaires correspondant à d'autres groupes fonctionnels présents.

Les intensités relatives des pics ainsi que leurs positions d'absorption peuvent varier entre le biodiesel et l'huile usée en raison de leurs compositions chimiques différentes. Certains pics d'absorption peuvent être plus prononcés dans l'un ou l'autre spectre, ce qui peut indiquer la présence ou l'absence de certains composés.

Il est important de noter que les différences spécifiques dans les spectres infrarouges dépendent de la composition précise du biodiesel et de l'huile étudiés. Ces différences peuvent être identifiées et analysées plus précisément en comparant les spectres infrarouges expérimentaux des deux substances dans des conditions spécifiques.

### III.3.3.1. Spectres IR d'huile Elio :

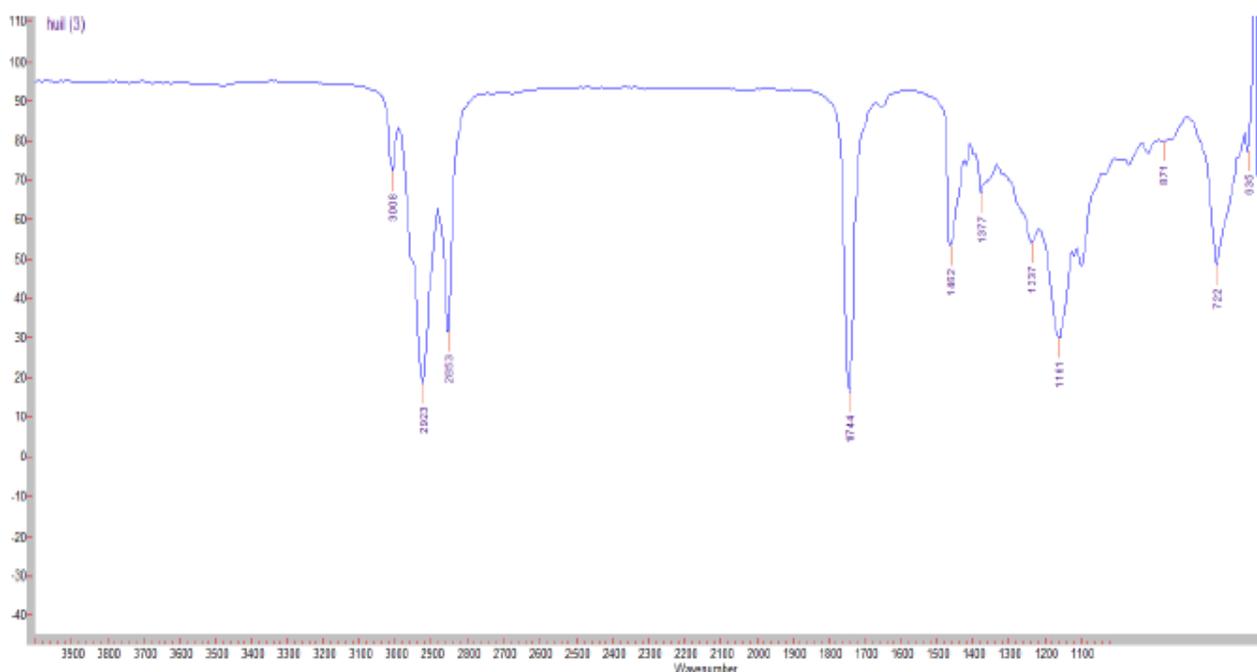


Figure III.2 : Spectres IR d'une huile Elio. [1]

La comparaison entre les deux spectres montre des différences significatives. Les différences sont effectuées par les groupes ester.

#### L'huile Elio

- On note la présence d'une bande d'absorption centrée à 2923.00 - 2853.00  $\text{cm}^{-1}$  attribué aux liaisons (C-H) des groupements (-CH<sub>2</sub>-).
- Le spectre relève la présence d'une forte bande d'absorption située à 1744.00  $\text{cm}^{-1}$ . Cette bande indique la présence des liaisons (C=O) carbonyle groupes présents dans les triglycérides dans la structure d'huile.
- Les pics dans la région 1400-1200  $\text{cm}^{-1}$  ont confirmé les vibrations de CH<sub>2</sub> et CH<sub>3</sub> groupements aliphatiques.
- Les pics présents dans la gamme de 1300 et 1000  $\text{cm}^{-1}$  correspondent aux vibrations d'étirement C-O [20-19].

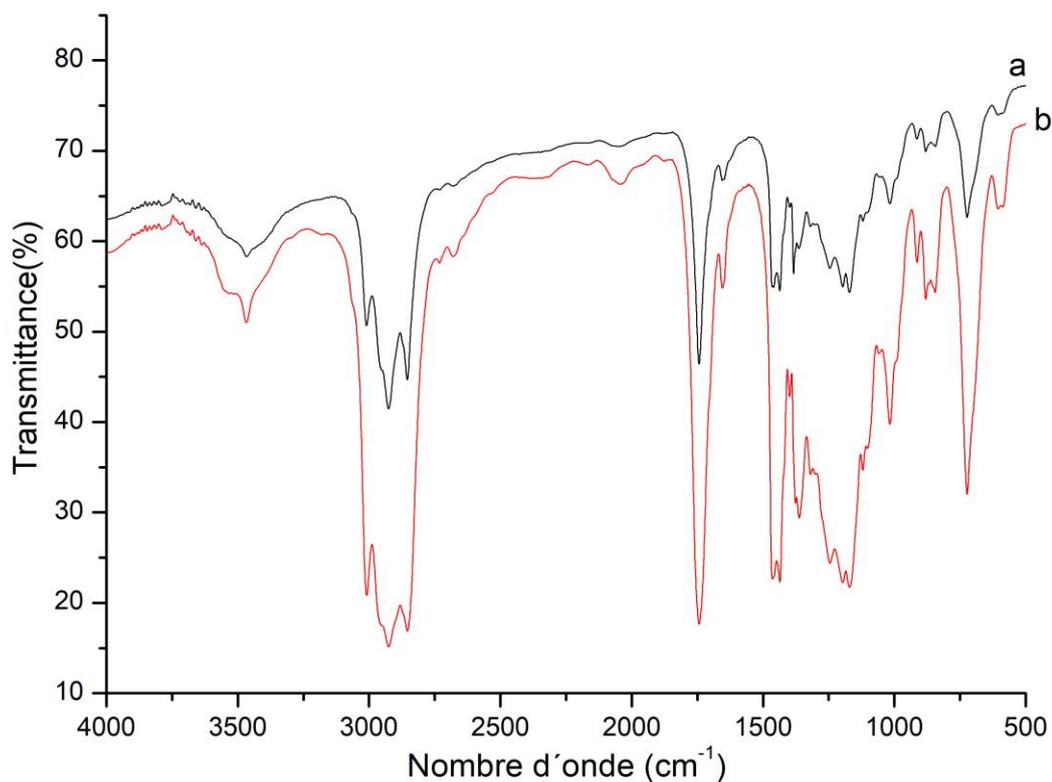
### III.3.3.2. Spectres IR de Biodiesel :

La spectroscopie infrarouge FT-IR est utilisée pour caractériser le biodiesel obtenu par transestérification de l'huile de friture usagée.

Comme illustré à la figure ( III. 3 a et b), les spectres sont superposés et présentent les mêmes bandes caractéristiques sauf que quelques bandes sont très intenses à l'autre.

Les spectres du biodiesel montrent la présence d'une bande très faible attribuée aux vibrations de liaisons O-H autour de  $3400\text{ cm}^{-1}$ .

Les signaux forts centrés à  $1743,41\text{ cm}^{-1}$  et à  $1200\text{ cm}^{-1}$  sont attribués aux liaisons C-O et (C=O) d'ester. On outre, le spectre relève la présence d'autres pics de liaison C-H près de  $2800-2930\text{ cm}^{-1}$  et autour de  $1350-1480\text{ cm}^{-1}$ . L'étirement de la liaison C-H est observé au nombre d'onde  $720-100\text{ cm}^{-1}$ .



**Figure III.3:** Spectres IR des biodiesels a : (8/1) et b : (10/1)

Le tableau III.4 présente les groupements fonctionnels des biodiesels obtenus.

Fonction	Alcool	Aldéhyde	Ester	cétone	Ester	Alcane	Aromatique
<b>Liaison</b>	O-H	C <sub>trigonal</sub>	C=O	C=O	C-O	C-H	C-H
<b>Nombre d'onde cm<sup>-1</sup></b>	3466,87	2925,64 à 2854,83	1743,41	1654,99	1017,17 à 1245,87	1383,82 à 1459,40	720,10 à 880,80

La comparaison des deux spectres des biodiesels avec celui de l'huile montre des différences significatives. Les différences sont effectuées par les groupes ester. La transformation des groupes ester en ester méthylique a l'impact le plus fort sur le spectre infrarouge. Ce sont des effets inductifs et mésomères qui demandent plus ou moins d'énergie pour obtenir la vibration d'un groupe spécifique.

Les résultats obtenus ont montré que le produit final de la réaction de transestérification d'huile de friture usagée confirme la formation d'un ester : c'est le biodiesel qui atteint un rendement de 73 % pour un rapport de 10/1.

**Tableau III.5 :** Comparaison de rendement de production de biodiesel.

Les huiles	Catalyseurs	Alcool	Les paramètres de réactions :	Rendement %	Références
Soja	KOH	Méthanol	Rapport (10/1)	71 %	[7]
Soja	KOH	Méthanol	Rapport (8/1)	85 %	[7]
Soja	KOH	Méthanol	Rapport (10 / 1)	75 %	[8]
Soja	KOH	Méthanol	Rapport (10 / 1)	73 %	Notre étude
Soja	KOH	méthanol	Rapport (8/1)	53 %	Notre étude

En comparant nos résultats avec la littérature, on peut dire que le rendement en biodiesel qu'on a obtenu est très proche à celui obtenu par les auteurs des travaux cités antérieurement.

La production de biodiesel seul ne suffit pas, il faut assurer la qualité du produit préparé en le comparant avec les normes internationales. Généralement les normes européennes sont les plus utilisées. Nous avons choisi les propriétés selon la disponibilité du matériel dans le laboratoire. L'analyse des résultats montre que la densité et l'indice d'acide sont conformes aux normes européennes. Les valeurs de l'indice de saponification, l'indice d'ester et l'indice de réfraction de nos deux types de biodiesel sont proches.

# Conclusion



## CONCLUSION

---

- Analyses complémentaires et détaillés du biodiesel

## Références bibliographiques

- [1] ABDELOUAHED S , BOULGHITI H.(2016), préparation du biodiesel à partir d'une huile végétale on utilisant un catalyseur hétérogène . Université d'Adrar , Mémoire de fin d'étude.
- [2] AOUCHAR K , GUERMACHE B (2017). valorisation des huiles de friture usagées en biodiesel par la réaction de transesterification. memoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplome master, universite AKLI MOHAND OULHADJ – bouira,2p.
- [3] **biodiesel**. <https://www.hisour.com/fr/biodiesel-40916/>( consulté le 12 /2/2023).
- [4 ]Bernard Castaing, Hervé Gayvallet. (2003). Forces de frottement subies par un objet en mouvement dans un fluide. Culture science physique. Publié par GABRIELLE BONNET. Supprimer ou changer !!!
- [5] BOUKHEZZA N ,BEKKARI A ,GHERBI T.( 2019), L'étude de la Synthèse préférentielle et améliorée de biodiesel; utilisation de différentes nanoparticules d'oxyde de fer comme catalyseurs. Université ECHAHID HAMMA LAKHDAR d'El-Oued, Mémoire Master.
- [6] C. BRODEUR, J. CLOUTIER, D. CROWLEY, X. DESMEULES, S. PIGEON, & R.M. SAINT-ARNAUD.(2008). «La production de biodiesel à partir de cultures oléagineuses». Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.
- [7] CHAIB F , KHENFER A . (2013) , Synthèse de biodiesel par la transestérification des huiles commercialisées .université KASDI MARBAH Ouargla , mémoire.
- [8] DAHMANI S, DIARBAKERLI S.(2021), Application de la réaction de transestérification dans la production d'un biocarburant par valorisation d'une huile alimentaire usagée . Université M'hamed BOUGARA de Boumerdès , Mémoire de projet de fin d'études .
- [9] DGCERF, Guide de contrôle des huiles de friture.2012
- [10] Didi Omar,Dhabi Abderrahmane. Production du biodiesel à partir des huiles végétales usagées . Mémoire de master . Université AHMED DRAÏA Adrar, 2021 ,22p..
- [11] Fernando S, Karra P Hernandez, R (2007). Effect of incompletely converted soybean oil on biodiesel quality. Energy.
- [12] FITTA FOUZI, GHE DEIR AMAR FATMA.Synthèse du biodiesel par transestérification des huiles de friture usées (HFU) . Mémoire de master . KASDI MERBAH university- Ouargla, 2017 .

- [13] GUIZOUARN K. 2020. Réduire les émissions de particules des véhicules diesel par l'utilisation de biodiesel. OCL 27: 11.
- [14] HAKAN, D. IKNUR, D. BELGIN, K. FATMA, T. Production of activated carbon olive bagasse by physical activation, *Chemical Engineering Research and Design*, 89, (2011).
- [15] HAMAD BERNA. (2009). Transestification des huiles végétales par l'éthanol en conditions douces par catalyses hétérogènes acide et basique. Thèse de Doctorat. Université CLAUDE BERNARD - Lyon I, France.
- [16] KHIARI, K. (2016). Contribution à l'étude des propriétés thermo-physiques de biocarburants de seconde génération et leur influence sur le comportement des moteurs, *Génie des procédés*. Ecole des Mines de Nantes, 2016. Français.
- [17] Le guide des énergies renouvelables [www.energienouvelable.fr](http://www.energienouvelable.fr) (Consulté le 14/01/2017)
- [18] LYES TARABET (2012). Etude de la combustion d'un biocarburant innovant dans les moteurs à combustion interne de véhicules. thèse de doctorat. université de Nantes.
- [19] M. TARIQ, S. ALI, F. AHMAD, M. AHMAD, M. ZAFAR, N. KHALID, M.A. KHAN, Identification, FT-IR, NMR (<sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C) and GC/MS studies of fatty acid methyl esters in biodiesel from rocket seed oil, *Fuel Process Technol.* 92 (2011) 336e341.
- [20] M.D. GUILLEN, N. CABO, Infrared spectroscopy in the study of edible oils and fats, *J. Sci. Food Agric.* 75 (1997) 1e11.
- [21] MEHER L, VIDYA S, DHARMAGADDA, NAIK S (2006). Optimization of alkali catalyzed transesterification of pongamia pinnata oil for production of biodiesel. *National Library of Medicine*.
- [22] R..A. FERRARI, A.L.M. TURTELLI PIGHINELLI ET K.J. PARK. «Biodiesel production and quality». *Biofuel's Engineering Process Technology*, vol. 1, 2011, 221-240.
- [23] RAKOTOARIMANANA S,R. CONTRIBUTION l'amélioration de la comestibilité de l'huile d'arachide artisanale par raffinage mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en génie chimique ,université d'ANTANANARIVO, 2010,17P .
- [24] Ramadhas, S., Jayaraj, S. et Muraleedharan, C. (2004), Use of vegetable oils as I.C.engine fuels - a review. *Renew. Energy*, volume 29.
- [25] ROUESSAC, F. et ROUESSAC, A. Analyse chimique « Méthodes et techniques instrumentales modernes » Éditions DUNOD. 2004.
- [26] TEDJINI FATMA , GUERRICHA MERIEM, MOUSSAOUI MAROUA . Production le biodiesel à partir d'huile de jatropha et d'huile de soja : une révision. Mémoire de mastère. Université ECHAHID HAMMA LAKDHAR- ELOued .

[27] U.S department of energy, biodiesel Handling and Use Guide (Fifth Edition) (ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY); November 2016

[28] VIDAL D., PROJET réalisé dans le cadre du DESS qualimapa (Gestion de la Qualité Nutritionnelle et Marketing des Produits Alimentaires). ; Les Corps Gras : Entre Tradition et Modernité. Université des Sciences et Technologies de Lille (2001-2002).

[29] Y.C. DENNIS, X.W. LEUNG,. M.K.H, LEUNG . «A review on biodiesel production using catalyzed transesterification », Applied energy, vol. 87, n°4, 2010, 1083-1095.

(MOHAMMED.AR,BHARGAVI.R ,2015) :MOHAMMED ABDUL RAQEEB BHARGAVI R ,biodiesel production from waste cooking oil .2015



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب  
حاضنة الأعمال عين تموشنت



# ملحق نموذج العمل التجاري

■ **Fiche technique du projet**

BENMEHEIMDA Fatima Zohra BERAMDANE Nesrine	<b>Votre prénom et nom</b> Your first and last Name
BioDzEnergy	<b>Intitulé de votre projet</b> Title of your Project
0664805936 0656778631	<b>Votre numéro de téléphone</b> Your phone number
<a href="mailto:benmeheimdaftimazohra@gmail.com">benmeheimdaftimazohra@gmail.com</a> <a href="mailto:nesrinebrn3@gmail.com">nesrinebrn3@gmail.com</a>	<b>Votre adresse e-mail</b> Your email address
Ain temouchent	<b>Votre ville ou commune d'activité</b> Your city or municipality of activity

■ **Nature de projet**

**Vente de marchandises**

## Problèmes:

- Pollution environnementale : La pollution environnementale due au diesel est un problème majeur. Les véhicules diesel émettent des gaz nocifs tels que les oxydes d'azote (NOx) et les particules fines, qui ont des effets néfastes sur la qualité de l'air et la santé humaine
- Dépendance au pétrole brut : La dépendance au pétrole brut est un défi majeur à la fois sur le plan environnemental et sur le plan économique. Voici quelques aspects importants à prendre en compte :
  - ✓ Pollution atmosphérique : L'utilisation du pétrole brut comme source d'énergie principale dans les transports et les industries contribue à la pollution atmosphérique. Les combustibles fossiles émettent des gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), qui contribuent au changement climatique. De plus, l'utilisation de pétrole brut peut également entraîner des émissions de polluants atmosphériques nocifs tels que les oxydes d'azote (NOx) et les particules fines, qui ont un impact sur la qualité de l'air et la santé humaine.
  - ✓ Épuisement des ressources : Le pétrole brut est une ressource non renouvelable. Son exploitation intensive conduit à l'épuisement progressif des réserves mondiales. De plus, l'extraction du pétrole brut peut entraîner des problèmes environnementaux tels que la déforestation, la destruction des écosystèmes et la pollution des sols et des eaux.
  - ✓ Instabilité des prix : La dépendance au pétrole brut expose les pays et les économies à des fluctuations de prix importantes. Les prix du pétrole brut sont influencés par des facteurs géopolitiques, économiques et environnementaux, ce qui peut créer des déséquilibres économiques et des vulnérabilités pour les pays qui dépendent fortement de cette ressource.
  - ✓ Transition énergétique : La réduction de la dépendance au pétrole brut est essentielle pour faire face aux défis environnementaux et promouvoir une économie plus durable. La transition vers des sources d'énergie renouvelable, telles que l'énergie solaire, éolienne et hydraulique, ainsi que l'adoption de technologies propres dans les transports, peut contribuer à réduire la dépendance au pétrole brut et à atténuer les effets négatifs sur l'environnement.
- Le mauvais élimination des huiles de cuisson est une pratique irresponsable qui peut avoir un impact négatif sur l'environnement et la santé publique.

 La mauvaise qualité et l'indisponibilité du glycérol



## 1) Valueproposition:

Le biodiesel peut contribuer à résoudre plusieurs problèmes :

1. Réduction des émissions de gaz à effet de serre : En utilisant du biodiesel plutôt que du diesel traditionnel dérivé du pétrole, on peut réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et d'autres gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique. Le biodiesel est considéré comme un carburant à faible teneur en carbone car les plantes utilisées pour sa production absorbent le CO<sub>2</sub> lors de leur croissance.
  2. Diversification des sources d'énergie : Le biodiesel offre une alternative aux combustibles fossiles non renouvelables tels que le pétrole. En utilisant des matières premières renouvelables, telles que les huiles végétales, le biodiesel aide à réduire la dépendance aux sources d'énergie limitées et épuisables.
  3. Réduction de la pollution atmosphérique : Le biodiesel présente des propriétés de combustion plus propres que le diesel conventionnel, ce qui peut réduire les émissions de polluants atmosphériques tels que les particules fines, les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Cela peut contribuer à améliorer la qualité de l'air et à réduire les risques pour la santé publique.
  4. Utilisation dans les moteurs existants : Le biodiesel peut être utilisé dans les moteurs diesel actuels sans nécessiter de modifications majeures. Cela facilite son adoption et son intégration dans le parc automobile existant, ce qui permet une transition plus fluide vers des carburants plus durables.
  5. Gestion des déchets : Le biodiesel peut être produit à partir de graisses animales et d'huiles végétales recyclées, ce qui permet de valoriser ces déchets et de réduire leur impact environnemental. Cela favorise la gestion responsable des déchets et contribue à la transition vers une économie circulaire.
  6. Création d'emplois et développement rural : La production de biodiesel implique l'agriculture et la culture de cultures énergétiques, ce qui peut générer des emplois dans les zones rurales et favoriser le développement économique local. De plus, il peut aider à diversifier les sources de revenus des agriculteurs en leur offrant une nouvelle demande pour leurs produits agricoles.
  7. Avantages économiques et commerciaux : Le biodiesel peut offrir des opportunités économiques et commerciales tant au niveau national qu'international. Les industries du biodiesel peuvent contribuer à la création d'emplois dans la chaîne d'approvisionnement, notamment dans la production, le transport et la distribution du carburant. De plus, il peut stimuler le commerce des matières premières agricoles utilisées dans sa production.
  8. Respect des réglementations et des normes environnementales : Le biodiesel est conforme à de nombreuses réglementations et normes environnementales établies pour réduire la pollution et les émissions toxiques. Son utilisation peut aider les industries et les gouvernements à se conformer aux exigences légales et à améliorer la qualité de l'air et de l'eau.
- ✚ La bonne qualité du glycérol.

## 2) Customer segments:



Le marché cible du biodiesel est principalement constitué de secteurs qui cherchent des alternatives aux carburants fossiles traditionnels. Voici quelques-uns des principaux segments du marché ciblé par le biodiesel :

- **Transport : (station service)** Le secteur des transports est un marché majeur pour le biodiesel. Les entreprises de transport routier, les flottes de véhicules commerciaux, les compagnies maritimes et les compagnies aériennes cherchent à réduire leur empreinte carbone en utilisant des carburants plus durables. Le biodiesel peut être utilisé comme carburant diesel pur ou en mélange avec du diesel conventionnel, ce qui en fait une option attrayante pour de nombreux acteurs du secteur des transports.
- **Agriculture** : L'agriculture est un autre secteur clé du marché du biodiesel. Les agriculteurs peuvent cultiver des cultures oléagineuses, telles que le colza, le soja, le tournesol et le jatropha, pour produire des matières premières utilisées dans la fabrication du biodiesel. De plus, l'utilisation du biodiesel dans les machines agricoles permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de promouvoir une agriculture plus durable.
- **Industrie** : Certaines industries, telles que la construction, l'exploitation minière et la production d'énergie, utilisent des équipements lourds fonctionnant au diesel. En utilisant du biodiesel, ces secteurs peuvent réduire leur impact environnemental et répondre aux normes de durabilité de plus en plus strictes.
- **Secteur résidentiel et commercial** : Le biodiesel peut également être utilisé dans les chaudières et les systèmes de chauffage résidentiels et commerciaux. Il peut être mélangé avec du fioul domestique pour réduire les émissions polluantes et contribuer à la transition vers des sources d'énergie renouvelable.

✚ Glycérol :

- Industries chimiques , cosmétiques , alimentations et pharmaceutiques .



### 3) Customer Relationship :



- Promouvoir la préservation de l'environnement : Le biodiesel est considéré comme une option plus durable que les carburants fossiles traditionnels, car il réduit les émissions de gaz à effet de serre et améliore la qualité de l'air. Vous pouvez promouvoir ces avantages environnementaux par le biais de campagnes publicitaires et de marketing.
- Mettre l'accent sur les performances et la qualité : Le biodiesel est capable de fournir des performances similaires au diesel traditionnel et peut être utilisé de la même manière dans les moteurs et les équipements. Il est important de souligner la qualité du produit et son efficacité à travers des certificats de qualité et des tests indépendants.
- Sensibilisation et fourniture d'informations : Les clients peuvent être ciblés en raison d'un manque d'informations sur le biodiesel. Fournir des informations fiables et complètes sur le biodiesel, telles que l'origine des matières premières, le processus de production et les impacts environnementaux et économiques.
- Collaboration avec des entreprises et des institutions : encourager l'utilisation du biodiesel en collaborant avec des entreprises et des institutions qui adoptent des principes de durabilité et de responsabilité sociale. Fournir le biodiesel comme option de carburant pour les véhicules d'entreprise ou les flottes et offrir des incitations à son utilisation.
- Offrir du biodiesel à des prix compétitifs : Le facteur prix peut être un incitatif majeur pour les clients. proposer du biodiesel à des prix concurrentiels par rapport aux carburants traditionnels, et mettre en avant les avantages économiques potentiels, tels que les économies de coûts à long terme ou les incitations fiscales

Il existe plusieurs moyens couramment utilisés pour assurer le service après-vente du biodiesel et répondre aux besoins des clients. Voici quelques-unes des approches les plus fréquentes :

- Support technique : Un service d'assistance technique spécialisé peut être mis en place pour fournir aux clients des conseils et des consultations sur l'utilisation du biodiesel, ainsi que pour résoudre tout problème technique qu'ils pourraient rencontrer. Ce service peut être proposé par téléphone, par e-mail ou même par des visites sur site.
- Formation et sensibilisation : Des sessions de formation peuvent être proposées aux clients pour leur apprendre comment utiliser le biodiesel de manière adéquate et efficace. Cela comprendrait des explications sur le stockage et la manipulation du biodiesel, ainsi que des conseils sur la manière d'obtenir des performances optimales et de tirer le meilleur parti du produit.
- Évaluations régulières : Des évaluations régulières peuvent être organisées avec les clients pour vérifier leur satisfaction à l'égard du biodiesel et pour identifier tout problème ou besoin qu'ils pourraient avoir. Ces évaluations peuvent être utilisées pour formuler des recommandations et apporter des améliorations visant à améliorer la qualité du service et à répondre aux exigences des clients.
- Certification et fiabilité : Il est possible d'obtenir des certifications de qualité et de fiabilité pour le biodiesel et de les présenter aux clients afin de renforcer la confiance dans le produit. Des garanties et des engagements quant à la qualité du produit et à la conformité aux normes industrielles et environnementales peuvent également être proposés.
- Communication continue : Il est important de maintenir une communication continue avec les clients en leur envoyant des mises à jour et des informations pertinentes sur le biodiesel, ainsi qu'en leur fournissant une assistance en cas de questions ou de préoccupations.



#### 4) Channels:



- ✓ Les mécanismes et les méthodes pour promouvoir notre produit :
  - Publicités télévisées et radiophoniques : création des publicités télévisées et radiophoniques qui mettent en avant notre entreprise et notre produit biodiesel. Définissez un message fort et attrayant qui met en valeur les avantages du biodiesel et le distingue des produits traditionnels.
  - Campagnes publicitaires en ligne : mettre en place des campagnes publicitaires en ligne ciblant un public intéressé par les questions environnementales et durables. Utilisant les réseaux sociaux, les blogs et les sites web pour promouvoir le produit et fournir des informations complètes à son sujet.
  - Participation à des salons et événements : Participation à des salons et événements liés à l'énergie, à l'environnement et à la durabilité. Présentez notre produit biodiesel dans un stand et distribuez des brochures pour expliquer ses avantages aux visiteurs et aux personnes intéressées.
  - Partenariats et collaborations : Établissement des partenariats avec des entreprises et des organisations qui se soucient de la durabilité et utilisent le biodiesel dans le cadre de leurs initiatives environnementales. Travailler avec eux pour promouvoir conjointement et échanger des informations sur nos produits et les avantages du biodiesel.
  - Engagement communautaire : Établissez des relations solides avec la communauté locale et les organisations à but non lucratif qui se préoccupent de l'environnement et de la durabilité. Participez à des initiatives locales, organisez des événements et offrez des présentations pour sensibiliser les gens à votre produit biodiesel.
- 
- ✓ **Nos canaux :**
  - Stations-service : Les stations-service populaires distribuent du biodiesel en tant qu'alternative au diesel traditionnel. Les clients peuvent se rendre dans les stations-service locales et remplir leurs réservoirs de carburant avec le biodiesel b100 ou le mélange.
  - Magasins et supermarchés : Le biodiesel est également distribué par certains magasins et supermarchés qui vendent des produits de carburant. Les clients peuvent facilement acheter du biodiesel lors de leurs courses quotidiennes.
  - Livraison à domicile : Certaines entreprises proposent un service de livraison de biodiesel à domicile des clients ou à leur lieu de travail. Le biodiesel peut être commandé en ligne ou par téléphone, et la société se charge de le livrer directement à l'emplacement spécifié.
  - Vente en gros aux entreprises : Certaines entreprises et organisations préfèrent acheter du biodiesel en gros pour l'utiliser dans leur flotte de véhicules. Les clients peuvent nous contacter et organiser la livraison des quantités importantes nécessaires.
  - Réseaux environnementaux et sociaux : Certains petits réseaux environnementaux et sociaux distribuent du biodiesel à leurs membres et abonnés. Les clients peuvent rejoindre ces réseaux et obtenir du biodiesel à partir de sources fiables présentes dans la communauté locale.



### 5) Keypartners:

- ASF : algerian startup fund .
- Producteur du diesel pétrolier (Sonatrach , Naftal)
- Ministère de la santé.
- Ministère de l'Environnement et des Energies Renouvelables.
- La protection civile.
- Algérie Telecom.

✓ les fournisseurs

La matière	Exemples des fournisseurs				
<b>Hfu</b>	<b>Restaurants</b>	<b>Hotels</b>	<b>Les écoles</b>		
<b>Les produits chimiques</b>	<b>ADWAN CHEMICALS, EURL</b> Zone Industrielle n°02 & 03 27160 Fornaka Algérie	<b>ENTREPRISE DE DISTRIBUTION DE PRODUITS CHIMIQUES, SPA</b> Siège Social:17 rue Abdolkader Rakouba 16005 Hussein Dey Algérie	<b>PETROSAM,SARL</b> Siège Social: Zone Industrielle Kechida 05000 Batna Algérie	<b>STEP,SPA SONATRACH TOTAL ENTREPRISE POLYMÈRES</b> Centre de Convention d'Oran d'Oran Mohamed Chemin de Wilaya n°75, Les Genéts 31000 Oran Algérie	<b>GETALAB,SARL 781 cité les oliviers , TELEMCCEN</b>
<b>Equipements industriels</b>	<b>LEGRAND ELECTRIC ALGERIE, EURL</b> Rue de la madeleine,N°33B,16035 16016 Hydra Algérie	<b>COMATEC ALGÉRIE,SARL</b> 77A, rue du 11 décembre 1960 09000 Blida Algérie	<b>SOLUTION PARTNER SIEMENS BUILDING TECHNOLOGIES,SPA</b> 20, Lotissement Ben Haddadi Said Dar Diaf Dar Diaf Dar Diaf 16000 Alger Centre Algérie	<b>TITAN ALGERIE</b> 2, boulevard Frantz Fanon Hôtel El Aurassi, niveau C bureau 8 Les Tagarins 16100 Alger Centre Algérie	
<b>Informatique et bureautique</b>	<b>SOUTHCOMP DISTRIBUTION ALGÉRIE,SARL</b> Cooperative Iris villa n°02 olivier 16006 Kouba Algérie	<b>MAGHREB LEASING ALGÉRIE,SPA</b> 39, Rue Djenane El Malik BP 143 R 16016 Hydra Algérie	<b>MICROSOFT ALGERIE,SARL</b> Tour Hilton Algerian Business Center 7ème étage BP 62 16058 Mohammadia Algérie		
<b>Vêtements et habillement</b>	<b>DIFAC ALGÉRIE,SARL</b> Mohamed Khemisti 16033 Dar El Beida Algérie	<b>EURO PROTECTION ALGÉRIE,SARL</b> Cité du 1er Novembre 1954 BP 76Bis 35440 Ouled	<b>ESASOUD OUEST,SARL</b> 13, Boulevard BenaddaBenaouda (Plateaux) 31000 Oran		

		Moussa Algérie	Algérie		
<b>Vehicules</b>	<b>TOYOTA ALGERIE,SPA</b> Haut Site Hydra lotissement Muchacho n°2 BP 3361(16306-Cité Malki) 16016 Hydra  Algérie	<b>BIG MAG ALGÉRIE,SARL</b> Coopérative Frantz Fanon II 16036 Réghaia  Algérie			
<b>Hygiène</b>	<b>NORD SUD ORGANISATION ALGERIE,EURL</b> Cité 116 logements bt 04 n°02 Verte Rive 16031 Bordj El Kiffan  Algérie	<b>GOLFE D'ALGERIE</b> Sidi Aoun 39000 El Oued  Algérie			



## 6) Keyactivities:

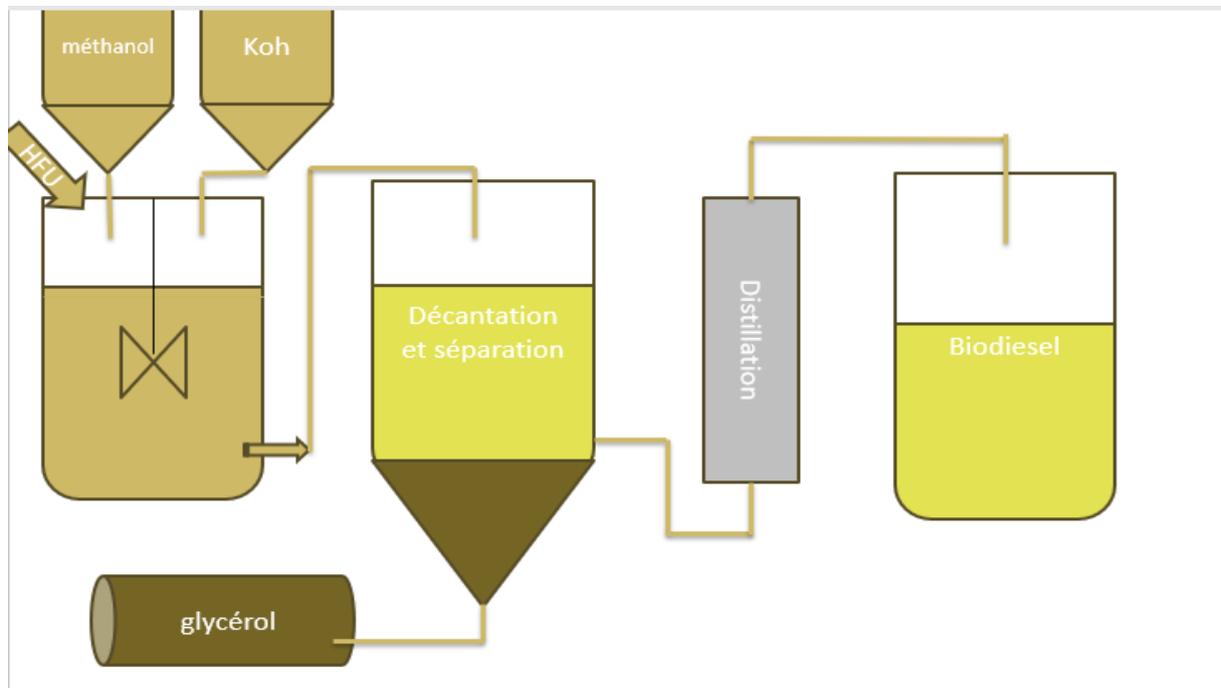


Le biodiesel est un carburant renouvelable produit à partir de sources végétales ou animales. Sa production peut être résumée en plusieurs étapes :

- Collecte des matières premières : Les matières premières couramment utilisées pour produire du biodiesel comprennent les huiles végétales usagées. Ces matières premières sont collectées auprès des restaurants, des industries alimentaires et d'autres sources.
- Prétraitement : Les matières premières collectées peuvent contenir des impuretés et nécessitent donc un prétraitement. Cela peut inclure la filtration pour éliminer les particules solides et l'élimination des contaminants tels que l'eau et les acides gras libres.
- Réaction de transestérification : La réaction de transestérification est la principale étape de production du biodiesel. Elle consiste à mélanger les matières premières prétraitées avec un réactif chimique, généralement un alcool (comme le méthanol), en présence d'un catalyseur (comme la soude caustique ou la potasse). Cette réaction convertit les huiles ou les graisses en esters d'alkyle, qui sont les composants principaux du biodiesel.
- Séparation : Une fois la réaction de transestérification terminée, le mélange réactionnel est laissé à reposer pour permettre la séparation des phases. Le biodiesel se sépare de la glycérine, un sous-produit de la réaction, ainsi que des résidus non réagis.
- Purification : Le biodiesel produit contient encore des impuretés telles que des traces de glycérides, d'acides gras libres et de catalyseurs. Il est donc nécessaire de le purifier. Cela peut être réalisé par des procédés tels que le lavage à l'eau, la neutralisation chimique et la distillation.
- Stockage et distribution : Une fois purifié, le biodiesel est stocké dans des réservoirs spécifiques avant d'être distribué aux consommateurs. Il peut être mélangé à du carburant diesel conventionnel dans différentes proportions pour créer des mélanges appelés biodiesel B20 (contenant 20% de biodiesel) ou B100 (pureté totale).

-2/6activitéssecondaires:

- Neutralization du glycérine .
- Publicité .



**chaîne de production du biodiesel**



## 7) Key Resources

### -1/Ressources matérielles

Fournisseur	source locale ou étrangère	Ressources
<b>TITAN ALGERIE</b> 2, boulevard Frantz Fanon Hôtel El Aurassi, niveau C bureau 8 Les Tagarins 16100 Alger Centre Algérie	Etrangère et locale	Equipments industriel
<b>Restaurants ....</b>	Locale	Huile végétale
<b>ADWAN CHEMICALS, EURL</b> Zone Industrielle n°02 & 03 27160 Fornaka Algérie	Locale	Produits chimiques
<b>BIG MAG ALGÉRIE, SARL</b> Coopérative Frantz Fanon II 16036 Réghaia Algérie	Locale et étrangère	Camion a citerne
<b>GETALAB, SARL</b> 781 cité les oliviers , TELEMCEN	locale	Material labo

### ressources humaines:

nombre	Ressources humaine
1	gérant
1	comptable
2	ingéneurechimique
2	magasiné
4	agent de sécurité
4	les ouvries
1	Mnager des reseaux
15	TOTAL

-3/7ressource financière:

Quantite	Resource
380 KWH	Electricité
370M <sup>2</sup>	Location
	autre



## 8) Cost Structure



### Les valeurs sont par /an :

- 1/8structure Costs

100000DZD	Frais d'établissement
50000DZD	Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-....)
300000DZD	Logiciels, formations
30000DZD	Dépôt marque, brevet, modèle
50000DZD	Droits d'entrée
1000000DZD	Achat fonds de commerce ou parts
DZD 1 360 000,00	Droit au bail
1000000DZD	Caution ou dépôt de garantie
20000DZD	Frais de dossier
300000DZD	Frais de notaire ou d'avocat
20000DZD	Enseigne et éléments de communication
--	Achat immobilier
800000DZD	Travaux et aménagements
DZD 19 912 936,72	Matériel
300000DZD	Matériel de bureau
100000DZD	Stock de matières et produits
DZD 2300000	trésorerie de départ

**La somme= 25342936,72 DZD**

- 2/8Coûts fixes du projet

2000000DZD	Assurances
20000DZD	Téléphone, internet
--	Autres abonnements
400000DZD	Carburant, transports
50000DZD	Frais de déplacement et hébergement
DZD 1 020 000,00	Eau, électricité, gaz
--	Mutuelle
50000DZD	Fournitures diverses
500000DZD	Entretien matériel et vêtements
250000DZD	Nettoyage des locaux
50000DZD	Budget publicité et communication

**La somme= 4250000 DZD**

- les salaires

<b>DZD 7 860 000,00</b>	<b>Salaires employés</b>
<b>DZD 1 320 000,00</b>	<b>Rémunération nette dirigeant</b>



## 9) Revenue Streams



### Revenu total :

la valeur	<b>Biodiesel</b>
30726litres	Le nombre d'unités produites
100DZD	Prix de vente
DZD 3 072 600,00	revenu total

la valeur	<b>Glycérine</b>
12290,4 litres	Le nombre d'unités produites
1100DZD	Prix de vente
DZD 13 519 440,00	revenu total

### -2/Source de revenu:

Transformation.(Recyclage) Les Huiles Des Fritures Done Deux Produit Essentielle Commercialisée :

1. Biodiesel : Carburant
2. Glycérine