



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de  
La Recherche Scientifique



**Université de Kasdi Merbah Ouargla**

Faculté des Sciences Appliquées  
Département de Génie des Procédés

Mémoire

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine :** Génie des Procédés

**Filière :** Sciences Appliquées

**Spécialité :** Génie Pétrochimie

**Présenté Par :** Demiai Siham  
Chaib Kenza

**Thème :**

**L'effet du rapport de catalyseur sur la  
synthèse de biodiesel à partir  
de graisse de chameau**

Mme Kendour zaouia

MCA

Univ d'Ouargla

Président

Mme Bouziane khadidja

MCA

Univ d'Ouargla

Examinatrice

Mme Makadam Khadra

MCA

Univ d'Ouargla

Encadreur

**Année universitaire : 2022/2023**

# Dédicace

Je remercie tout d'abord ALLAH de m'avoir  
aider à réaliser ce travail

Je dédie ce mémoire de fin d'étude

A mon Père : demiai omar,

A ma Mère : chougare fatima,

A mes frères et sœurs,

A toute ma famille,

A tous mes amis(es) : Marwa, Kenza,  
mohammed, azize, amel ,amani.

Melle : Demiai Siham

# Dédicace

Je remercie tout d'abord ALLAH de m'avoir  
aider à réaliser ce travail

Je dédie ce mémoire de fin d'étude

A grand Père : Chaib Ahmed,

A grand-mère : Fatima zouhra bndouma,

A mon Père : Chaib Salime,

A ma Mère : Khelif Khedidja,

A mes frères,

A toute ma famille,

A tous mes amis(es) : Siham demiai.

Melle : Chaib Kenza

# Remerciements

Avant tout, nous voudrions remercier Allah Tout-Puissant qui nous  
a donné le courage

Et la volonté pour accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier :

Notre encadreur *Dr. Mokadem Khadra*, Nous exprimons  
mes plus sincères remerciements à *Dr. Bouziane khadidja*, Maître de  
Conférences (A) au département génie des procédés, pour m'avoir fait honneur de  
présider le jury de soutenance.

Je remercie respectueusement *Dr. Kendour zaouia*,  
maître-assistant au département génie des procédés, Faculté des  
Sciences Appliquées, Université Kasdi Merbah, Ouargla. Pour l'aide  
précieuse qu'elle nous a apportée, son soutien, ses conseils  
Et ses encouragements.

Enfin, nous tenons également à remercier nos enseignants et tous  
Ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce  
travail.

## **Résumé :**

Il est probable que les réserves de pétrole s'épuisent à l'avenir en raison de l'augmentation significative de la consommation de pétrole, principalement due au secteur des transports qui dépend fortement de l'énergie des combustibles fossiles. Ces dernières années, la majorité du biodiesel synthétique a été produit à partir d'huiles dérivées de différentes sources telles que les graisses animales et les matières premières végétales (huile de jatropha, huile de tournesol, huile de soja, etc.). Pour rendre ces huiles et graisses appropriées en tant que substituts du diesel de pétrole, leurs propriétés physiques et chimiques sont modifiées par un processus appelé estérification, où les triglycérides sont convertis en esters alkyliques d'acides gras

Dans cette étude, nous avons testé la conversion des graisses extraites des os de chameau, et les expériences ont donné des résultats satisfaisants. Ces esters modifiés peuvent être utilisés dans des moteurs conventionnels après avoir étudié leurs caractéristiques physiques et chimiques, et ils peuvent également être utilisés directement comme combustible pour le chauffage, par exemple.

Mots-clés : graisses de chameau, estérification, carburant biodiesel.

## **Abstract:**

It is likely that oil reserves will be depleted in the future due to the significant increase in oil consumption, primarily driven by the transportation sector, which heavily relies on fossil fuel energy. In recent years, the majority of synthetic biodiesel has been produced from oils derived from various sources such as animal fats and raw plant materials (e.g., jatropha oil, sunflower oil, soybean oil, etc.). To make these oils and fats suitable as a substitute for petroleum diesel, their physical and chemical properties are modified through a process called esterification, where triglycerides are converted into fatty acid alkyl esters.

In this study, we tested the conversion of fats extracted from camel bones, and the experiments yielded satisfactory results. These modified esters can be used in conventional engines after studying their physical and chemical characteristics, and they can also be used directly as fuel for heating purposes, for example.

Keywords: camel fats, esterification, biodiesel fuel.

## ملخص:

من المرجح نفاذ احتياطات النفط في المستقبل بسبب زيادة استهلاك النفط بشكل كبير، وذلك بشكل رئيسي بسبب قطاع النقل الذي يعتمد بشكل كبير على طاقة الوقود الأحفوري.

خلال السنوات الأخيرة، تم تصنيع غالبية البيوديزل الصناعي من زيوت مستمدة من مصادر مختلفة مثل الدهون الحيوانية والمواد الخام النباتية (زيت الجيرافا وزيت عباد الشمس وزيت الصويا، وما إلى ذلك).

لجعل هذه الزيوت والدهون مناسبة كبديل للديزل البترولي، يتم تعديل خواصها الفيزيائية والكيميائية بواسطة عملية تسمى الاستر، حيث يتم تحويل الجليسيريدات الثلاثية إلى استرات ألكيل الأحماض الدهنية.

وفي هذه الدراسة قمنا بإختبار تحويل دهون الجمل المستخلصة من عظامه وقد أعطت التجارب نتائج مرضية.

يمكن استخدام هذه الاسترات المعدلة في المحركات التقليدية بعد دراسة خصائصها الفيزيائية و الكميائية و يمكن استخدامها مباشرة كوقود للتدفأة مثلا.

الكلمات الرئيسية: دهون الجمل، تحويل الأسترة، وقود الديزل الحيوي.

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Pages</b>
<b>I.1</b>	Les propriétés physicochimiques de la graisse de HACHI étudiée	<b>8</b>
<b>II.2</b>	Les matériels et les produits	<b>23</b>
<b>III.1</b>	Effet de la Concentration du catalyseur sur le rendement en biodiesel (T de réaction 60 °C temps de réaction 1 heures)	<b>35</b>

## Liste des figures

<b>Figures</b>	<b>Titre</b>	<b>Pages</b>
<b>I.1</b>	Diagramme de synthèse des biocarburants	<b>4</b>
<b>I.2</b>	Equation de transestérification.	<b>14</b>
<b>I.3</b>	Réaction de saponification des triglycérides.	<b>15</b>
<b>I.4</b>	Différentes étapes de la fabrication de biodiesel.	<b>19</b>
<b>II.1</b>	Montage d'extraction de graisse de chameau	<b>23</b>
<b>II.2</b>	Le graisse de chameau	<b>24</b>
<b>II.3</b>	Chauffage le graisse	<b>24</b>
<b>II.4</b>	Filtration	<b>24</b>
<b>II.5</b>	Un échantillon d'huile	<b>25</b>
<b>II.6</b>	Préparation de la solution	<b>26</b>
<b>II.7</b>	Montage de la réaction de transestérification	<b>26</b>
<b>II.8</b>	Décantation	<b>27</b>
<b>II.9</b>	Lavage du biodiesel.	<b>28</b>
<b>II.10</b>	L'agitation de la réaction de transestérification	<b>30</b>
<b>III.11</b>	Appareille de point d'éclair.	<b>30</b>
<b>III.1</b>	Effet de la Concentration du catalyseur sur le rendement en biodiesel (T de réaction 60 °C temps de réaction 1 heures) : rapport massique méthanol/huile 1/6)	<b>35</b>

## Liste des abréviations

**EEHV** : esters éthyliques d'huile végétale  
**EMHV** : esters méthyliques d'huile végétale  
**HFU** : huiles de friture usées  
**HVP** : huile végétale pure  
**Pe** : flash point le point éclair  
**PT** : cloud point le point de trouble  
**PE**; pour point point d'écoulement  
**IC** : indice de cétane  
**FAME** : Fatty Acid Methyl Ester (Esters Méthyliques 'acides gras)  
**KOH** : Hydroxyde de Potassium  
**NaOH** : Hydroxyde de Sodium  
**NaMe** : Methoxide de Sodium  
**KoMe** : Methoxide de Potassium  
**HCL** : Chlorure d'Hydrogène  
**H<sub>2</sub>So<sub>4</sub>** : Acid Sulfuric  
**Ti (OBu)<sub>4</sub>** : Titanium Butoxide  
**Ti(OiPr)<sub>4</sub>** : TetraisopropoxyTitanium  
**Li** : Hélium  
**Na** : Sodium  
**Ga** : Gallium  
**Ba** : Baryum  
**Cs** : Césium  
**Sn** : Etain  
**Mg** : Magnésium  
**Zn** : Zinc  
**Ti** : Titane  
**Pb** : Plomb  
**PCI** : les Pouvoir Calorifique Inférieur  
**PCS** : Pouvoir Calorifique Supérieur

## SOMMAIRE

Dédicace	I
Remerciements	III
Résumé	V
Liste des tableaux	VII
Liste des figures	IX
Liste des abriviacion	X
Introduction générale	
<b>PARTIE THEORIQUE</b>	
<b>Chapitre I : Synthèse bibliographique</b>	
<b>I.1 : La grande famille des biocarburants</b>	4
<b>I-1-1</b> Définition un biocarburant	4
<b>I-1-2</b> les avantage des biocarburants	5
<b>I-1-3</b> les grandes catégories de biocarburants	5
<b>I-1-3-1</b> Biocarburant de première, deuxième et troisième génération	5
<b>I.2</b> les graisses animales et des chameaux	6
<b>I-2- 1</b> Généralité sur les graisses animales	6
<b>I -2-2</b> Composition chimique de graisses de chameau	7
<b>I.3-</b> Caractéristiques physico-chimiques de graisse de chameau	8
<b>I.3.1-</b> Caractéristiques chimiques	8
<b>I-3-1-A-</b> Nature des acides gras	8
<b>I-3-1- B -</b> Indice de saponification	9
<b>I-3-1- C-</b> Indice d'acide	9
<b>I-3-1- D -</b> Indice de peroxyde	9
<b>I.3.2</b> Caractéristiques physiques	9
<b>I.3.2-A-</b> Masse volumique	9
<b>I.3.2-B-</b> Viscosité	9
<b>I.3.2-C-</b> Volatilité	9
<b>I.3.2-D-</b> Les points de trouble et d'écoulement	10
<b>I.4 -</b> le biodiesel	10
<b>I-4-1-</b> Définition et origine de biodiesel	10
<b>I-4-2-</b> Moteurs et carburant diesel	11
<b>I-4-3-</b> Les sources de matière primaire de biodiesel	11
<b>I-4-4-</b> Les caractéristiques du biodiesel	12
<b>I-4-4-1-</b> La viscosité	12
<b>I-4-4-2-</b> Pouvoir calorifique	12
<b>I-4-4-3-</b> Le point trouble et point d'écoulement	13
<b>I -4-4-4-</b> L'indice de cétone	13
<b>I-4-4-5-</b> L'oxydation	13

<b>I-4-4-6-</b> Le pouvoir lubrifiant	14
<b>I.5</b> -Synthèse du biodiesel par transestérification	14
<b>I-5-1-</b> Définition	14
<b>I-5-2-</b> Equation de La réaction de transestérification	14
<b>I-5-3-</b> Facteurs influençant de la réaction de transestérification des huiles	14
<b>I-5-3-1-</b> Les acides gras libres et l'eau	15
<b>I-5-3-2-</b> Type et quantité de catalyseur	15
<b>I-5-3-</b> Les principales catalyses	16
<b>I-5-3- 3-1-</b> Catalyse homogène	16
<b>I-5-3-3-2-</b> Catalyse hétérogène	16
<b>I-5-3-4-</b> Ratio molaire alcool/huile et type d'alcool	17
<b>I-5-3-5-</b> L'effet du temps de réaction	17
<b>I-5-3-6-</b> L'effet de la température de réaction	18
<b>I-5-3-7-</b> L'agitation	18
<b>I.6</b> Transformation de l'huile	18
<b>I.6-1-</b> Réaction	19
<b>I.6 -2-</b> Lavage de biodiesel (ester)	19
<b>I.6 -3-</b> Récupération de l'alcool	19
<b>I.6 -4</b> Neutralisation du glycérol	19
<b>I.7-</b> L'utilisation du biodiesel	20
<b>I.8</b> -L'effet du biodiesel sur l'environnement et humaine	20
<b>PARTIE PRATIQUE</b>	
<b>Chapitre II : Expérimentale</b>	
<b>II.1-</b> Matériels et produits	23
<b>II.2-</b> Matières premières	23
<b>II.3</b> -Mode opératoire	24
<b>II .3 .1-</b> filtration et séchage	24
<b>II .3. 2.–</b> Chauffage	24
<b>II .3 .3-</b> Synthèse du biodiesel	25
<b>II .3 .4-</b> Préparation de la solution de Hydroxyde de Sodium +méthanol NaOH/CH <sub>3</sub> OH	25
<b>II .3 .5-</b> Décantation	27
<b>II .3 .6-</b> Lavage	27
<b>II .3 .7-</b> Elimine les traces de NaOH	28
<b>II.4-</b> Rendement de la production de biodiesel	28

<b>II.5-</b> Propriétés et caractérisation des produits obtenus	28
<b>II.6.-</b> Détermination du point d'éclaire du biodiesel	29
<b>Chapitre III : Résultat et Les analyses</b>	
<b>III.1-</b> Optimisation du rendement en biodiesel	35
Conclusion générale	38
Référence	40

INTRODUCTIN  
GENERALE

### INTRODUCTION GENERALE

Dans notre monde, et avec le développement continu de l'industrie et des transports, la demande en énergie est en croissance jour après jour. Le pétrole, voire tous les combustibles fossiles (charbon, gaz naturel et pétrole), fournissent actuellement la quasi-totalité de cette énergie. Or ces ressources ne sont pas renouvelables et leur consommation au rythme actuel mènera à la disparition des réserves dans quelques dizaines d'années. Le biodiesel est un carburant diesel renouvelable alternatif qui possède des propriétés comparables au diesel obtenu à partir du traitement du pétrole.

Etant donné que le biodiesel est renouvelable et qu'il crée des émissions moins dangereuses lorsqu'il est brûlé par rapport à celui du diesel pétrolier, l'utilisation de ce carburant est un changement vers une "énergie durable".

Le biodiesel peut être produit à partir d'huile végétale, de graisse animale ou d'organismes tel que les algues et les cyanobactéries par une réaction chimique appelée Trans estérification avec des alcools à chaîne courte. Etant donné que les huiles végétales sont actuellement la principale source de matières premières dans la production commerciale de biodiesel. **(Lang X, et al, 2001)**

La production de biodiesel augmente afin de réduire la dépendance à l'égard du biodiesel importé. Par conséquent, une croissance importante de l'industrie du biodiesel est attendue dans les années à venir et la recherche et la technologie sur les processus de production de biodiesel seront plus élevées que jamais. La recherche menée dans le cadre de cette thèse servira d'information pour les chercheurs et les fabricants de biodiesel à la fois des informations supplémentaires concernant la matière première sont disponibles.

Pour conclure, le dernier chapitre englobe la section expérimentale et les calculs effectués, les résultats obtenus ainsi que les discussions sur le sujet.

# CHAPITRE I

## SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

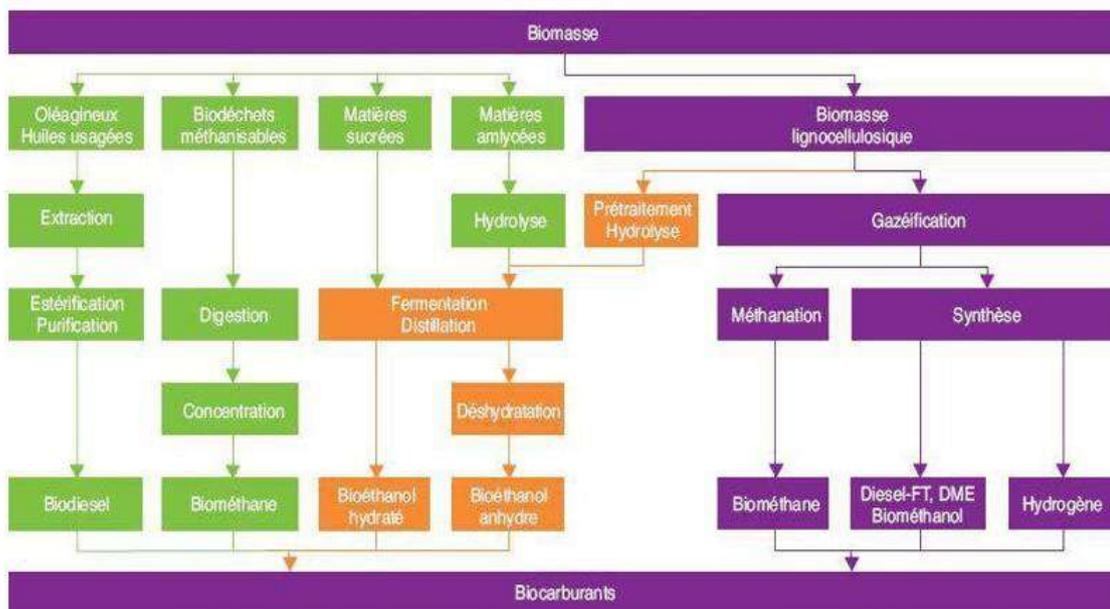
## I-1- la grande famille des biocarburants

### I-1-1- Définition un biocarburant

Le biocarburant est un carburant issu de la biomasse, c'est-à-dire obtenu à partir d'une matière première végétale, animale ou de déchets).

Les biocarburants trois types différents de la manière de la production et des matériaux les extraits, les types sont :

- 1- Le biogaz
- 2- Le bio -alcool
- 3- Le biodiesel



**Figure 1** : Diagramme de synthèse des biocarburants

### I-1-2- Les avantages des biocarburants

#### *Les avantages :*

- **Coût** : les biocarburants actuels sont significativement moins chers que l'essence et les autres combustibles fossiles.
- **Ressource** : le pétrole est une ressource limitée tandis que les biocarburants peuvent être fabriqués à partir d'un large éventail de matériaux, y compris les déchets des cultures, le fumier et d'autres sous-produits.
- **Renouvelables** : il faut des milliers d'années pour produire des combustibles fossiles tandis que la matière première des biocarburants est renouvelable beaucoup plus rapidement.
- **Sécurité** : en réduisant la dépendance sur les sources d'énergies étrangères, les pays peuvent protéger l'intégrité de leurs ressources énergétiques et se libérer des influences extérieures.
- **La stimulation économique** : parce que les biocarburants sont produits localement, les usines de fabrication de biocarburants peuvent créer de nouveaux emplois dans les zones rurales. La production de biocarburants permettra également d'augmenter la demande de cultures destinées aux biocarburants, d'où une stimulation économique de l'industrie agricole
- **Biodégradabilité** : Les biocarburants sont facilement biodégradables et beaucoup moins dangereux manipuler que les carburants traditionnels.
- **Faible émission de carbone** : lorsque les biocarburants sont brûlés, ils produisent significativement moins de carbone et beaucoup moins de toxine. C'est une alternative plus sûre pour préserver la qualité atmosphérique.

### I-1-3- Les grandes catégories de biocarburants

#### I-1-3-1-Biocarburant de première, deuxième et troisième génération

On distingue les biocarburants dans trois générations :

##### ➤ *Première génération :*

On distingue les biocarburants de première et de seconde génération. Plusieurs définitions complémentaires coexistent. Une des plus importantes distingue les carburants issus de produits alimentaires, des carburants issus de source ligno-cellulosique (bois, feuilles, paille, etc.) ou de déchets. Ainsi la première génération de biocarburants repose sur l'utilisation des organes de réserve des cultures :

- Les graines des céréales (blé, maïs) ou des oléagineux (colza, tournesol)
- Les racines de la betterave ou la canne à sucre
- Les fruits du palmier à huile.

Ces organes de réserves des plantes stockent le sucre (betterave et canne), l'amidon (blé, maïs), ou l'huile (colza, tournesol, palme). Ces organes de réserves étant également utilisés

➤ **Deuxième génération :**

Des technologies sont actuellement mises au point pour exploiter les matières cellulosiques telles que le bois, les feuilles et les tiges des plantes ou celles issues de déchets. On qualifie ces matières de biomasse ligno-cellulosique car elles proviennent de composants ligneux ou à base de carbone qui ne sont pas directement utilisés dans la production alimentaire. Ces caractéristiques présentent un avantage de disponibilité supérieure et de non concurrence alimentaire par rapport à la première génération de biocarburants.

Cette technologie permet de produire du bioéthanol dit de deuxième génération, du biodiesel, du biogaz.

➤ **Troisième génération :**

Les procédés, encore à l'étude, s'appuient principalement sur l'utilisation de micro-organismes tels que les microalgues. Celles-ci peuvent accumuler des acides gras permettant d'envisager des rendements à l'hectare supérieurs d'un facteur 30 aux espèces oléagineuses terrestres. A partir de ces acides gras, il est possible de générer du biodiesel. Certaines espèces de microalgues peuvent contenir des sucres et ainsi être fermentées en bioéthanol. Enfin, les microalgues peuvent être méthanisées pour produire du biogaz. [1 ]

## **I-2-Les graisses animales et des chameaux**

### **I-2- 1- Généralité sur les graisses animales**

Les graisses animales sont des matières grasses qui proviennent de sources animales, telles que les porcs, les bovins, les volailles et les poissons. Elles sont principalement composées d'acides gras, qui sont des chaînes de molécules d'hydrogène et de carbone, avec une petite quantité d'impuretés.

Les graisses animales sont utilisées dans diverses applications industrielles, notamment dans la production de savons, de bougies, de lubrifiants et de cosmétiques. Elles sont également utilisées comme source de matières premières pour la production de biodiesel et comme source de combustible pour la production d'énergie.

Cependant, l'utilisation de graisses animales dans l'alimentation humaine est controversée. Les graisses animales sont souvent riches en acides gras saturés, qui sont liés à un risque accru de maladies cardiaques et d'autres problèmes de santé. Par conséquent, les autorités sanitaires recommandent généralement de limiter la consommation de graisses animales dans l'alimentation.

Les graisses animales ont également été impliquées dans des scandales alimentaires, notamment en raison de leur utilisation dans la fabrication d'aliments pour animaux qui ont ensuite été utilisés pour la production d'aliments pour humains. Cela a conduit à des préoccupations concernant la sécurité alimentaire et a conduit à des réglementations plus strictes sur l'utilisation des graisses animales dans l'alimentation animale et humaine.

### **I-2-2- Composition chimique de graisses de chameau**

La composition chimique des graisses de chameau peut varier en fonction de nombreux facteurs tels que la race du chameau, la région géographique, le régime alimentaire et l'âge du chameau. Cependant, en général, les graisses de chameau sont principalement composées d'acides gras saturés et insaturés.

Les acides gras saturés sont des acides gras qui ne contiennent pas de doubles liaisons entre les atomes de carbone. Les graisses de chameau contiennent principalement de l'acide palmitique, de l'acide stéarique et de l'acide myristique, qui sont tous des acides gras saturés. Ces acides gras ont tendance à être solides à température ambiante et sont souvent associés à un risque accru de maladies cardiovasculaires s'ils sont consommés en excès.

Les acides gras insaturés, en revanche, contiennent une ou plusieurs doubles liaisons entre les atomes de carbone. Les graisses de chameau contiennent également des acides gras insaturés tels que l'acide oléique et l'acide linoléique. Ces acides gras ont tendance à être liquides à température ambiante et sont souvent associés à des avantages pour la santé, notamment une réduction du risque de maladies cardiovasculaires.

En plus des acides gras, les graisses de chameau contiennent également des vitamines liposolubles telles que la vitamine A, la vitamine D et la vitamine E, ainsi que des composés phénoliques qui ont des propriétés antioxydantes. [2 ]

### I-3- caractéristique physico-chimiques de graisse de chameau

Propriétés	Unités	
Couleur		Blanc
Point de fusion	C	45 ± 0.5
Teneur en humidité	%	3.29 ± 0.26
Cendre	%	0.04 ± 0.01
Acide gras libre (ex oléique %)	%	0.96 ± 0.08
Viscosité cinématique (60 C)	m <sup>2</sup> /S Ou m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	22.18 ± 0.12
Indice de réfraction (60 C)		1.468 ± 0.001
Indice de saponification	mg KOH/g graisse	202.3 ± 0.8
Matière insaponifiable	%	1.37 ± 0.1
Indice de peroxyde	mequiv. O <sub>2</sub> /kg	3.37 ± 0.08
Indice d'iode	g/100 g huile	62.74

**Table 01** : les propriétés physicochimiques de la graisse de HACHI

#### I-3-1- Caractéristiques chimiques

La composition chimique des graisses de chameau peut varier en fonction de nombreux facteurs tels que la race du chameau, la région géographique, le régime alimentaire et l'âge du chameau. Cependant, voici quelques informations générales sur les caractéristiques chimiques de la graisse de chameau :

##### I-3-1-A- Nature des acides gras

Les acides gras dans la graisse de chameau sont principalement composés d'acides gras saturés et insaturés. Les acides gras saturés comprennent l'acide palmitique, l'acide stéarique et l'acide myristique, tandis que les acides gras insaturés comprennent l'acide oléique et l'acide linoléique.

**I-3-1-B- Indice de saponification**

L'indice de saponification de la graisse de chameau dépend de la proportion d'acides gras saturés et insaturés. En général, les graisses saturées ont un indice de saponification plus élevé que les graisses insaturées. Cependant, l'indice de saponification exact de la graisse de chameau dépendra de la composition exacte des acides gras dans la graisse.

**I-3-1-C- Indice d'acide**

L'indice d'acide de la graisse de chameau est une mesure de la quantité d'acides gras libres présents dans la graisse. Cet indice dépendra également de la composition exacte des acides gras dans la graisse.

**I-3-1-D-Indice de peroxyde**

L'indice de peroxyde de la graisse de chameau est une mesure de la quantité de peroxydes présents dans la graisse, qui peut indiquer le niveau de rancidité de la graisse. Les niveaux d'indice de peroxyde dépendront de la qualité de la graisse, de la manière dont elle a été stockée et de la durée pendant laquelle elle a été stockée.

**I-3-2- caractéristiques physiques**

Voici des informations sur les caractéristiques physiques de la graisse de chameau :

**I-3-2- A- Masse volumique**

La masse volumique de la graisse de chameau dépend de la température et de la teneur en eau de la graisse. En général, la graisse de chameau a une masse volumique relativement élevée en raison de sa composition en acides gras saturés.

**I-3-2- B-Viscosité**

La viscosité de la graisse de chameau est relativement élevée, en raison de sa composition en acides gras saturés. Cela peut rendre la graisse plus difficile à manipuler ou à utiliser dans certains processus de production.

**I-3-2- C- Volatilité**

La graisse de chameau a une faible volatilité, ce qui signifie qu'elle ne s'évapore pas facilement à température ambiante. Cela peut être un avantage dans certains processus de production qui nécessitent des matières grasses stables et peu volatiles.

### **I-3-2- D- Les points de trouble et d'écoulement**

Les points de trouble et d'écoulement de la graisse de chameau peuvent varier en fonction de la qualité de la graisse, de sa teneur en eau et de sa composition en acides gras. En général, la graisse de chameau a un point de trouble relativement élevé, ce qui signifie qu'elle commence à se solidifier à une température plus élevée. Le point d'écoulement est la température à laquelle la graisse commence à couler. Le point d'écoulement de la graisse de chameau dépendra également de sa composition en acides gras et de sa teneur en eau. [3]

## **I-4- Le biodiesel**

### **I-4-1- Définition et Origine de biodiesel**

Les biocarburants sont des produits élaborés à partir de matériaux organiques renouvelables en remplacement principalement des dérivés du pétrole d'origine fossile et donc, non renouvelables. Les biocarburants font partie de deux grandes familles, soit les substituts à l'essence (bioéthanol, biobutanol et bioéthanol) et les substituts au carburant diesel (biodiesel). Le biodiesel est un mélange constitué d'esters éthyliques ou méthyliques d'huile végétale (EEHV ou EMHV) ou de gras animal. Contrairement au pétrodiesel, qui est formé de plusieurs hydrocarbures composés uniquement d'atomes de carbone et d'hydrogène, le biodiesel contient de l'oxygène. Le biodiesel est par ailleurs biodégradable, ce qui n'est pas le cas du pétrodiesel.

Le biodiesel est élaboré à partir de substrats riches en matières grasses tels que les huiles végétales, les huiles de cuisson usées et le gras animal. Les huiles végétales utilisées sont extraites de plantes oléagineuses cultivées spécifiquement pour leurs grains ou pour leurs fruits riches en matière grasse. Au Canada, ces plantes oléagineuses sont principalement le canola, le soya et le tournesol. Ces dernières contiennent typiquement entre 15 et 50 % d'huile.

Les huiles végétales peuvent également être utilisées directement dans les moteurs diesel comme substitut au pétrodiesel. Alors que le biodiesel résulte d'un procédé de transestérification de la matière grasse, << l'huile végétale-carburant >> est utilisée à l'état brut et provient simplement d'un procédé de filtration et de décantation permettant d'obtenir de

l'huile végétale pure (HVP). L'huile végétale pure peut être produite en filière courte à petit échelle, par exemple à l'échelle d'une ou de quelques fermes. Toutefois, son utilisation dans les moteurs diesel se fait au risque de voir les garanties des fabricants invalidées.

#### **I-4-2- Moteurs et carburant diesel**

Les moteurs diesel fonctionnent en comprimant l'air à l'intérieur du cylindre du moteur, puis en injectant du carburant diesel dans ce cylindre. Lorsque le carburant diesel entre en contact avec l'air chaud et comprimé, il s'enflamme spontanément, ce qui pousse le piston du moteur vers le bas et entraîne la rotation du vilebrequin. Ce processus se répète de manière cyclique, ce qui permet au moteur diesel de fonctionner.

Le carburant diesel est un combustible dérivé du pétrole brut, généralement utilisé dans les moteurs diesel. Il est principalement composé d'hydrocarbures, qui sont des molécules d'atomes de carbone et d'hydrogène. Les carburants diesel ont tendance à avoir une densité énergétique plus élevée que les essences, ce qui signifie qu'ils contiennent plus d'énergie par unité de volume. Cela leur permet de fournir une meilleure économie de carburant que les moteurs à essence.

Cependant, les moteurs diesel ont tendance à produire plus de particules fines et d'oxydes d'azote que les moteurs à essence, ce qui peut contribuer à la pollution de l'air. Des réglementations plus strictes ont été mises en place pour réduire ces émissions nocives, et les fabricants de moteurs diesel ont développé des technologies pour réduire les émissions tout en améliorant l'efficacité énergétique.

#### **I-4-3- Les sources de matière primaire de biodiesel**

Le biodiesel est un carburant renouvelable produit à partir de matières premières renouvelables telles que les huiles végétales, les graisses animales et les huiles alimentaires usagées. Les sources de matières premières les plus courantes pour la production de biodiesel sont les huiles végétales telles que l'huile de colza, l'huile de soja, l'huile de palme, l'huile de tournesol, l'huile de jatropha et l'huile de carthame.

L'huile de colza est l'une des sources de matières premières les plus populaires pour la production de biodiesel en Europe, tandis que l'huile de soja est la principale source de matières premières pour la production de biodiesel aux États-Unis.

L'huile de palme est également utilisée comme matière première pour la production de biodiesel, mais elle est de plus en plus critiquée en raison de son impact environnemental, notamment la déforestation et la destruction de habitats naturels. Les graisses animales, telles que la graisse de porc et la graisse bovine, peuvent également être utilisées comme matières premières pour la production de biodiesel. Cependant, leur utilisation est limitée en raison de préoccupations concernant l'éthique de leur production.

Les huiles alimentaires usagées, qui sont des huiles de cuisson usagées provenant de restaurants et d'autres établissements alimentaires, peuvent également être utilisées comme matières premières pour la production de biodiesel. Le recyclage des huiles alimentaires usagées est une méthode populaire de production de biodiesel car elle permet de réduire les déchets et de fournir une source de carburant renouvelable.

#### **I-4-4- Les caractéristiques du biodiesel**

Les propriétés physicochimiques du biodiesel présentant le plus grand intérêt sont le point éclair (Pe; flash point), le point de trouble (PT; cloud point), le point d'écoulement (PE; pour point), la viscosité cinématique, l'indice de cétane (IC), l'indice d'acide, la teneur en cendres Sulfatées, les résidus de carbone, les teneurs en eau ainsi qu'en sédiments, le glycérol libre et le glycérol total, la température limite de filtrabilité, la corrosion à la lame de cuivre, la stabilité à l'oxydation et la masse volumique.

##### **I-4-4-1- La Viscosité**

Comme indice de cétane, la viscosité augmente avec le nombre de carbone et diminue avec le degré d'insaturation. Une plus grande viscosité cinématique créerait des problèmes comme des dépôts dans le moteur. La transestérification favorise donc une diminution de la viscosité d'huile des valeurs généralement comprises entre 4 à 6 mm<sup>2</sup>/s.

##### **I-4-4-2- Pouvoir calorifique**

Le pouvoir calorifique indique si un biodiesel est adapté à brûler dans un moteur diesel. Le pouvoir calorifique augmente avec la longueur de la chaîne carbonée. En utilisant des lipides extraits de microalgues hétérotrophes, en présence de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans le méthanol. Ont obtenu un biodiesel avec un pouvoir calorifique de 41MJ/kg, valeur se trouvant dans la gamme du carburant diesel (40-45 MJ/kg).

**I-4-4-3- Le point trouble et point d'écoulement**

Les propriétés d'écoulement à froid sont des paramètres importants lors de la production de biodiesel pour les pays nordiques comme le Canada et pourraient être évaluées par le point trouble et le point d'écoulement. La diminution de la température pourrait conduire à la formation de cristaux visibles ( $d > 0,5 \mu\text{m}$ ) dans le biodiesel à une limite de température appelée Les graisses animales, telles que la graisse de porc et la graisse bovine, peuvent également être utilisées comme matières premières pour la production de biodiesel. Cependant, leur utilisation est limitée en raison de préoccupations concernant l'éthique de leur production.

Les huiles alimentaires usagées, qui sont des huiles de cuisson usagées provenant de restaurants et d'autres établissements alimentaires, peuvent également être utilisées comme matières premières pour la production de biodiesel. Le recyclage des huiles alimentaires usagées est une méthode populaire de production de biodiesel car elle permet de réduire les déchets et de fournir une source de carburant renouvelable.

**I-4-4-4- L'indice de cétane**

L'indice de cétane est un indicateur de qualité de rallumage d'un carburant qui augmente avec le nombre de carbone et diminue avec le nombre de liaisons de carbone insaturées. Par conséquent, un biodiesel avec une insaturation élevée comme le biodiesel issu des microalgues aurait un indice de cétane plus faible que celui du biodiesel saturé. Selon nos connaissances, aucune mesure de l'indice de cétane du biodiesel des microalgues n'a été effectuée. Cependant, certaines études ont estimé l'indice de cétane de nombreuses espèces de microalgues en fonction de leur teneur en FAME et ont trouvé des valeurs variant de 39 à 54, tandis que l'indice de cétane du carburant pétro-diesel se situe entre 47 et 51.

**I-4-4-5- L'oxydation**

L'oxydation du biodiesel pourrait se produire lorsque les FAME sont en contact avec l'oxygène et sont transformés en hydrogénéperoxydes, aldéhydes, acides et autres composés oxygénés, ce qui pourrait former des dépôts dans le moteur. L'oxydation du biodiesel augmente en fonction du degré d'insaturation. La stabilité à l'oxydation des lipides de microalgues est un réel problème qui peut être surmonté par l'ajout d'antioxydants si le mélange de biodiesel est stocké plus de quelques mois.

#### I-4-4-6- Le pouvoir lubrifiant

La définition de la lubricité du diesel est influencée par sa viscosité, son acidité, sa teneur en eau et les composés soufrés. Même avec des additifs, le frottement mesuré (pas d'unité déclarée) du biodiesel (0,114 et 0,117) est inférieur à celui du diesel (0,238 et 0,210) pour les températures de 25 et 60°C. Par conséquent, un avantage de l'ajout de biodiesel ayant une faible teneur en soufre dans du pétro-diesel conventionnel est d'améliorer sa lubrification. [4]

### I-5- Synthèse du biodiesel par transestérification

#### I-5-1- Définition

La transestérification est un procédé chimique dans lequel une huile végétale ou animale est mélangée à un alcool en présence d'un catalyseur pour obtenir de l'ester alkylique d'huile végétale ou animale communément appelé biodiesel.

Le passage d'état d'huile à celui d'ester permet de réduire la masse moléculaire au tiers de celle de l'huile, réduire la viscosité d'un facteur de huit, réduire la densité et augmenter sa volatilité

#### I-5-2- Equation de la réaction de transestérification

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

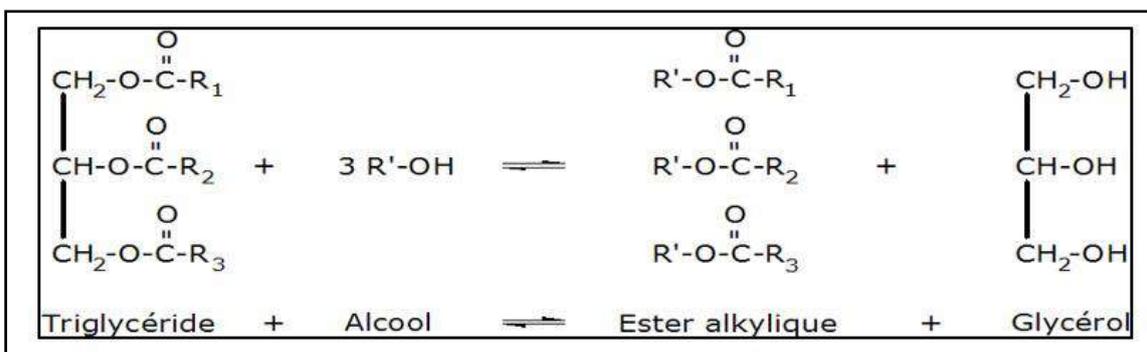


Figure2 : Equation de transestérification

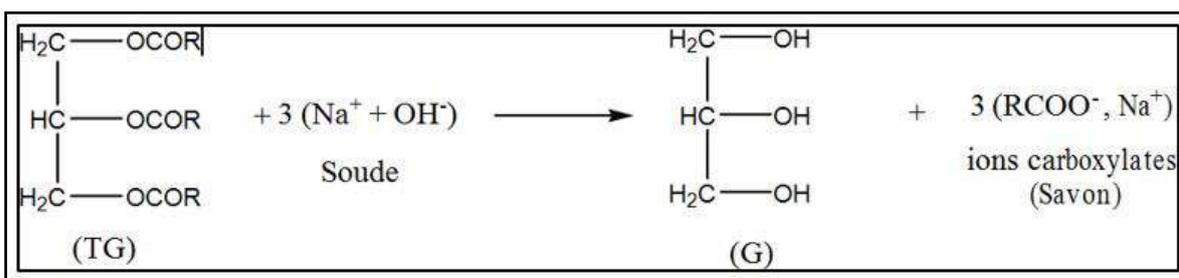
#### I-5-3- Facteurs influençant de la réaction de transestérification des huiles :

Beaucoup de paramètres affectent le processus de la réaction de transestérification et sont : la condition de réaction, le ratio molaire alcool/huile, le type et la quantité de catalyseur, le temps et la température de réaction, la pureté de réactifs des acides gras libres et de la teneur en eau des huiles, etc.

### I-5-3-1-Les acides gras libres et l'eau

Les acides gras libres et l'eau sont des paramètres clés dans le processus de transestérification. La teneur en acides gras libres d'huile entrave la transformation de cette dernière, par la réaction de saponification (formation de savon). C'est pourquoi, l'acidité de l'huile doit être inférieure à 3%.

En effet, au cours de cette transformation, il s'y déroule au même moment de réactions parasites parallèles. Les acides gras réagissent avec un catalyseur (basique) pour former le savon. De plus, l'eau à son tour, dissocie lorsque la température augmente, les molécules de triglycérides en molécules de glycérides et acides gras. Ces derniers vont renforcer la réaction de saponification en cours. Ce qui, inévitablement réduira le rendement de la conversion d'huile en ester. En somme, plus l'acidité de l'huile est élevée moins sera le rendement de conversion, c'est la saponification selon la réaction suivante :



**Figure3** : Réaction de saponification des triglycérides.

Cette réaction est favorisée dans le cas d'une huile acide ou en présence d'eau. En effet, en présence d'eau les triglycérides s'hydrolysent facilement donnant lieu au glycérol et aux acides libres. Avec la soude ou la potasse, on obtient facilement les savons de ces acides.

### I-5-3-2- Type et quantité de catalyseur

L'existe trois grandes classes de catalyseurs :

Les catalyseurs basiques : hydroxydes, alcoolates ou savons de métaux ou alcalino- terreux (Li, Na, K, Ca, Ba, Cs...), amines de la famille des guanidines, par exemple ;

Les catalyseurs acides: acides minéraux (HCL, H2SO4), acides sulfoniques, résines échangeuses d'ions (acide fort), zéolithes ;

Les catalyseurs enzymatiques ou autres : alcoolates de titane ( $\text{Ti}(\text{OBu})_4$ ,  $\text{Ti}(\text{OiPr})_4$ ...), oxydes de divers métaux tels que Sn, Mg, Zn, Ti, Pb...

Les catalyseurs basiques utilisés pour la transestérification de triglycéride parmi lesquels NaOH, NaOMe, KOH et KOMe sont les plus efficaces. Par ailleurs, la technique de catalyseurs basiques en milieu homogène est la plus employée par ce qu'elle est la moins coûteuse et peut s'effectuer à de basses températures et de pressions.

Les catalyseurs acides sont conseillés pour des huiles ayant de teneurs en acides gras et en eau très élevées. Ce type de catalyseurs est rarement utilisé du fait de leur moindre réactivité et des risques élevés de corrosion des installations industrielles.

La proportion de la quantité du catalyseur à utiliser varie dans une fourchette de 0,5 à 1% de la masse d'huile, pour un rendement de conversion de 94 à 99%.

### **I-5-3-3-Les principales catalyses :**

A cet effet, il existe deux principaux types de catalyses à savoir : une catalyse homogène et une autre hétérogène qui fonctionnent soit en mode continu ou discontinu.

#### **I-5-3-3-1-Catalyse homogène**

Une catalyse est dite homogène lorsque le catalyseur et les réactifs ne forment qu'une seule phase (souvent liquide). C'est la catalyse la plus utilisée et peut être réalisée avec les catalyseurs basiques ou acides. Toutefois, les catalyseurs basiques sont les utilisés à cause leur grande réactivité et leur caractère non corrosif des installations industrielles.

La catalyse homogène requiert de conditions douces de température et de pression (45 à 85 °C sous une pression absolue maximum de 2,5bar).

#### **I-5-3-3-2- Catalyse hétérogène**

C'est une catalyse dans laquelle le catalyseur et les réactifs forment plusieurs phases (généralement un catalyseur solide pour des réactifs en phase solide ou liquide). Elle exige de conditions de température et de pression sévères (180°C à 200°C, 40 à 60 bars). Et donc, elle n'est pas adaptée aux conditions de laboratoires et de petites et moyennes entreprises (PME).

#### **I-5-3-4- Ratio molaire alcool/huile et type d'alcool**

Une autre variable importante affectant le rendement de conversion en ester est le ratio molaire alcool/huile végétale. Selon la stœchiométrie de la réaction de transestérification, 3 moles d'alcool réagissent avec 1 mole de triglycéride. Cependant, un excès d'alcool est requis pour déplacer l'équilibre de la réaction vers la droite. Le ratio normal utilisé dans le processus industriel est 6. Il n'a pas d'effet sur l'acide, le peroxyde, la saponification et la valeur de l'iode des esters méthyliques. Cependant, un ratio molaire plus grand interfère dans la séparation de la glycérine car il accroît sa solubilité.

A cet effet, la glycérine résiduelle ramène l'équilibre de la réaction vers la gauche, du coup, baisse le rendement.

La transestérification éthanolique de l'huile de cynara avec de ratios variants entre 3 :1 et 15 :1, donne de meilleurs résultats pour des ratios compris entre 9 :1 et 12 :1. Pour un ratio molaire moins de 6 :1, la réaction est incomplète. Pour un ratio de 15 :1, la séparation de glycérine est difficile et le rendement apparent décroît à cause du glycérol résiduel. Alors, le meilleur semble être obtenu pour le ratio 9 :1.

Le méthanol et l'éthanol sont les principaux alcools utilisés dans les réactions de transestérification. Le méthanol a une meilleure réactivité que l'éthanol mais sa solubilité est moindre d'où une limitation de rendement de transfert de masse. L'éthanol, par contre, est soluble mais moins réactif que le méthanol, ce qui a un impact positif sur le rendement mais négatif sur la vitesse de réaction. Cet avantage sur le rendement se trouve affecté par ailleurs, par le fait que le mélange obtenu après la réaction faite avec l'éthanol, forme une forte émulsion et pose donc de difficultés lors de la séparation.

#### **I-5-3-5- l'effet du temps de réaction**

Le taux de conversion des huiles végétales en biodiesel augmente avec le temps de réaction, des huiles de cacahuètes, de graines de coton, de tournesol et de soja transestérifiées sous condition de rapport méthanol / huile de 6 : 1, 0,5% de catalyseur au méthoxyde de sodium et 60 ° C. Après 1 minute, un rendement de 80% de biodiesel a été observé pour les huiles de soja et de tournesol et après 60 minutes, les conversions étaient presque les mêmes pour les quatre huiles. Au cours de la transestérification du suif de bœuf au méthanol, la réaction a été très lente pendant la première minute en raison du mélange et de la dispersion du méthanol dans le suif

de bœuf. Au cours des cinq prochaines minutes, la réaction a été très rapide. La production de suif de bœuf ralenti et a atteint la valeur maximale à environ 15 min. Les di- et les mono glycérides ont augmenté au début et ont diminué. À la fin, la quantité de mono glycérides était supérieure à celle des di glycérides.

#### **I-5-3-6- L'effet de température de réaction**

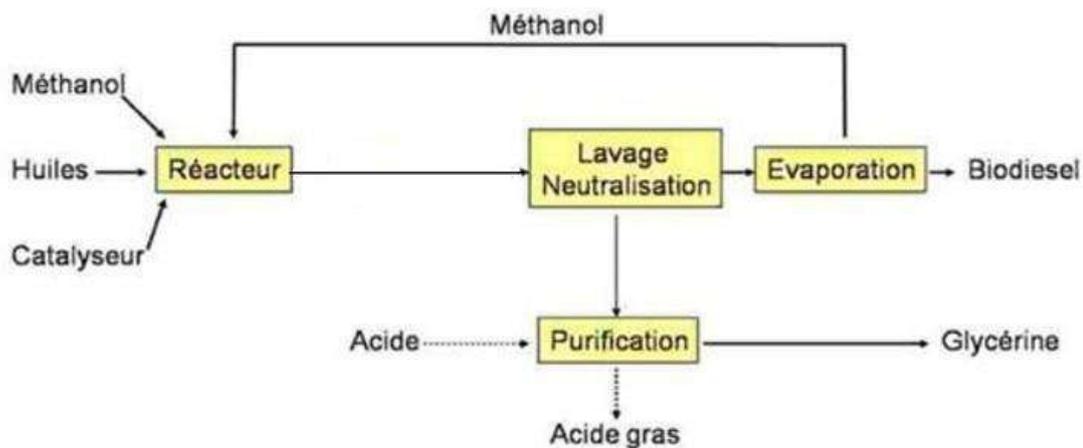
La transestérification peut se produire à différentes températures en fonction de l'huile végétale utilisée, en veillant à ne pas dépasser le point d'ébullition des alcools utilisés. Dans la méthanolyse de l'huile de ricin au ricinoléate de méthyle, avec un rapport molaire de 6 : 1-12: 1 et 0,005 à 0,35% (en poids d'huile) de NaOH, la réaction s'est déroulée de manière très satisfaisante à 20-35 ° C. Pour la transestérification de l'huile de soja raffinée avec le méthanol, rapport molaire alcool : huile de 6: 1 et 1% de NaOH de catalyseur, trois températures différentes ont été utilisées. Après 0,1 h, les rendements en ester étaient respectivement de 94, 87 et 64% pour 60, 45 et 32 ° C. Après 1 h, la formation d'ester était identique pour les températures de 60 et 45 ° C et seulement légèrement inférieure pour la température de 32 ° C.

#### **I-5-3-7- L'agitation**

L'agitation favorise un bon contact entre les réactifs et homogénéise le milieu réactionnel. Il est très important que l'huile et le catalyseur se mélangent bien dans une réaction de transestérification. [5 ]

### **I-6-Transformation de l'huile**

Le biodiesel est produit à partir de l'huile par transestérification. Ce procédé modifie chimiquement la structure du corps gras (huile) à l'aide d'un alcool afin de former des composés de type ester, composante principale du biodiesel. Ce procédé comprend les étapes suivantes :



**Figure4** : Différentes étapes de la fabrication de biodiesel.

### I-6-1-Réaction

La production de biodiesel nécessite un réactif de type alcool (méthanol ou éthanol) ainsi qu'un catalyseur (hydroxyde de potassium ou hydroxyde de sodium) pour accélérer la réaction. Le catalyseur est dissous dans l'alcool à l'aide d'un agitateur. Le mélange alcool/catalyseur est ensuite placé dans un réacteur fermé dans lequel on ajoute l'huile.

La réaction s'effectue à une température légèrement supérieure au point d'ébullition de l'alcool (environ 70 °C) afin d'en accélérer la vitesse. Le temps de réaction varie entre 1 et 8 heures.

### I-6-2-Lavage de biodiesel (ester)

Selon le procédé et l'utilisation finale du biodiesel, il peut être purifié par lavage à l'eau chaude afin d'éliminer les résidus de catalyseur et les autres impuretés. Le biodiesel ainsi produites un liquide ambre-jaune d'une viscosité similaire au pétrodiesel.

### I-6-3- Récupération de l'alcool

Après séparation du glycérol et du biodiesel, l'excès d'alcool dans chacune des phases est enlevé par évaporation ou par distillation. L'alcool ainsi recueilli est par la suite réutilisé dans le procédé.

### I-6-4- Neutralisation du glycérol

Le catalyseur est neutralisé à l'aide d'un acide, ce qui produit du glycérol brut dont la pureté varie entre 80 et 88 %. Le glycérol à cette étape peut contenir de l'eau, des savons, de l'alcool

et des traces de catalyseur non utilisé. Pour des besoins particuliers (marchés pharmaceutiques et cosmétiques), le glycérol est distillé afin d'obtenir un degré de pureté supérieur à 99 %. [6]

### **I-7- L'utilisation du biodiesel**

Bien qu'il puisse être employé à l'état pur, le biodiesel est généralement mélangé avec le diesel dérivé du pétrole (pétrodiesel). Les mélanges de biodiesel-pétrodiesel sont identifiés par l'abréviation «Bxx », où « xx » indique le pourcentage de biodiesel dans le mélange.

Ainsi, un carburant B20 contient 20 % de biodiesel et 80 % de pétrodiesel alors qu'un carburant B100 correspond au biodiesel pur. Plusieurs types de mélange sont commercialisés dont les plus fréquents sont le B2, B5, B20 et B100.

La complexité et la diversité chimique du biodiesel (mélange d'esters) font en sorte qu'il doit être homologué selon plusieurs critères de qualité (par exemple, les normes ASTM D6751 en Amérique du Nord ou EN 14214 en Europe) avant d'être commercialisé. Tout biodiesel homologué à ces standards comporte une garantie de qualité minimale, entre autres pour l'indice de cétane, la viscosité et les teneurs en phosphore et en soufre. En Amérique du Nord, il existe également un programme de certification volontaire pour les producteurs et distributeurs de biodiesel, le BQ-9000. Ce programme, similaire aux programmes ISO, vise à assurer que le biodiesel produit respecte des normes de qualité préétablies au niveau de tous les maillons de la chaîne (pratiques d'entreposage, d'échantillonnage, d'évaluation, de mélange, de distribution et de gestion du biodiesel) et donc, jusqu'à ce qu'il soit rendu dans le réservoir du consommateur.

### **I-8- L'effet du biodiesel sur l'environnement et humaine**

Le biodiesel est nettement moins toxique pour l'environnement et l'être humain que son homologue pétrolier. Outre son excellente biodégradabilité.

Au niveau agronomique, la culture de colza d'hiver présente également de sérieux avantages. S'étendant sur près de 11 mois, elle assure, en effet, une excellente couverture du sol et en prévient donc l'érosion. Elle améliore également la structure du sol, par son système racinaire puissant, et réduit significativement les percolations de nitrates. La culture de colza est une excellente alternative à la jachère et répond très positivement à la fumure organique.

Dans certains cas, la pratique de cultures énergétiques s'est avérée intéressante pour l'extraction des métaux lourds à des fins d'assainissement des sols contaminés.

Les cultures de colza, tout comme celles de féverole et de phacélie, sont des cultures attractives pour les abeilles. Le butinage des fleurs de colza par des abeilles améliore sensiblement le taux de fécondation et donc le rendement de cette culture.

Comme le souligne le Comité Economique et Social de l'Union européenne dans son avis sur la relance d'un plan « protéines végétale » au niveau communautaire, des mesures favorisant les cultures oléagineuses iraient dans le sens d'un développement durable. En effet, outre le fait que le développement de ces cultures puisse participer aux efforts à fournir afin de respecter les engagements pris par l'Union européenne à Kyoto, un vaste développement de ces cultures permettrait d'endiguer la tendance à la généralisation de monocultures céréalières. Cependant la phase culturale mène aussi à des impacts environnementaux défavorables ou mitigés. Le mode de production est, en effet, le plus souvent intensif et contribue donc à la pression de l'agriculture sur l'environnement et la biodiversité. [7]

# CHAPITRE II

## PARTIE EXPÉRIMENTALE

## II .1. Matériels et produits :

Le tableau II. 1 présente les différents matériels et produits utilisés dans les expériences :

**Tableau II. 1** : Les matériels et les produits.

Les produits	Les matériels
Graisses des chameaux Méthanol CH <sub>3</sub> OH Hydroxyde de sodium (NaOH) Sulfate de sodium (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) L'eau distillée	Ballon de 1000 ml Réfrigérant Ampoule a décanté 1000 ml Les béchers Une balance Une burette Agitateur magnétique Thermomètre Papier filtre Compresseur d'air Erlenmeyer

## II.2. Matières premières :

Les os de chameau ont été fournis par le boucher de la ville d'Ouargla (10 kg de os de chameau). Nous chauffons les os de chameau à une température d'ébullition de 100°C alors qu'en extraire la graisse.



**Figure II .1** : Montage d'extraction de graisse de chameau

## II .3. Mode opératoire :

### II .3 .1- filtration et séchage :

Pour filtrer 100 ml de graisse de chameau, On utilise l'entonnoir avec papier filtre et erlenmeyer



**Figure II.2 :** Le graisse de chameau

### II .3 .2 - Chauffage :

Dans un bécher de 500 ml. Nous introduisons 100 ml d'huile par la suite, nous l'avons chauffée dans un bain marie sous une température réglée à 100 C°, (chauffer jusqu'à ce que devine liquide) .



**Figure II .3 :** Chauffage le graisse



**Figure II .4 :** Filtration

### II .3 .3 - Synthèse le biodiesel :

Afin d'éliminer les impuretés et les solides contenus dans les graisse, celle-ci a été, dans un premier temps a été par la suite filtré sous vide, afin d'éliminer d'éventuelles traces d'eau dans un ballon tricol d'une capacité de 100 ml, auquel est adapté un réfrigérant, un thermomètre, La quantité nécessaire d'graisse est chauffée à la température désirée sous agitation magnétique. La température étant stabilisée, une solution de méthylate de sodum  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{NaOH}$  ) préalablement préparée est ajoutée à l'huile sous agitation.

La température de réaction est maintenue de  $60\text{ }^\circ\text{C}$  pendant un temps d'une heure.

Les conditions opératoires correspondent à différents rapport la masse de  $\text{NaOH}$  / 1; 0.25 ; 0.5;0.75 ;1.25 ;1.5 ;1.75 et à un pourcentage molaire méthanol / huile de 6 :1.

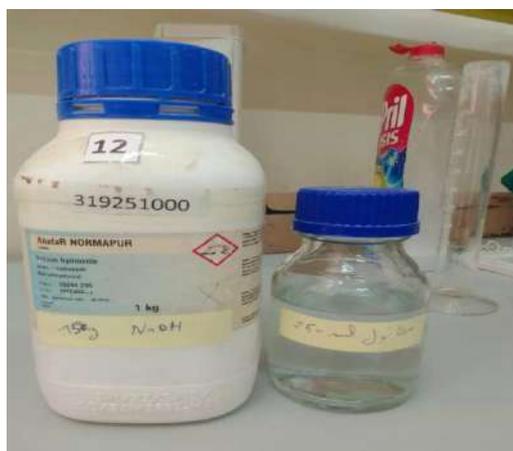


**Figure II .5 :** Un échantillon d'huile

### II .3 .4 - Préparation de la solution d'Hydroxyde de Sodium +méthanol $\text{NaOH}/\text{CH}_3\text{OH}$ :

Dans une balance de précision nous mettrons une capsule vide et faire tarer la balance pour revenir à une masse 0. Puis verser 0,8 g d'hydroxyde de sodium. Par ensuite nous avons faire dissoudre le catalyseur dans une 20 ml du méthanol à l'aide de la balance numérique, nous avons mélangé les réactifs ;

Nous plaçons donc le bécher du méthanol sur un agitateur magnétique puis, on laisse réagir le mélange Pendant 15 minute environ, jusqu'à la dissolution complète de NaOH



**Figure II .6 :** Préparation de la solution

NaOH 1% de la masse de 100 ml /d'huile

1 :6 :1 mol d'huile :6 mol d'alcool

Nous ajoutons  $\text{CH}_3\text{ONa}$  à 100 ml d'huile,  $T= 60^\circ\text{C}$  pendant 1h



**Figure. II 7 :** Montage de la réaction de transestérification

### II .3 .5 - Décantation :

Après une journée de repos 20 h, nous observons une séparation du mélange contenu dans l'ampoule de décantation. Ceci est preuve que la séparation a généré deux nouveaux produits : le glycérol et le biodiesel. La glycérine étant plus dense que le biodiesel se retrouve au fond de l'ampoule de décantation et sera recueilli par le bas de l'ampoule. Comme le biodiesel est moins dense que la glycérine, le biodiesel flotter et former la couche supérieure sont complètement séparé en suit décoté la couche inférieure de la glycérine jusqu'à la fin de glycérine.



Figure II. 8 : Décantation

### II .3 .6 - Lavage :

Après la décantation du biodiesel il faut faire l'étape de lavage pour éliminer les impuretés de catalyseur. Ajouté une quantité de l'eau distillé sur l'ampoule à décanté avec le biodiesel et bien agité, Laissez les éléments de se mélanger repose pendant une journée Le mélange doit se séparer en deux couches, le biodiesel et les impuretés ;et après on va décoté deux solution que nous obtenons .



**Figure II.9 :** Lavage du biodiesel.

### **II .3 .7 - Elimine les traces d'alcool :**

Chauffer jusqu' a 65 on 70 C° pour élimine les traces d'alcool

### **II .4-Rendement de la production de biodiesel :**

Le rendement de la réaction se calcule par la formule suivante :

$$\eta = \frac{m_{ester}}{m_{huile}} \times 100$$

La valeur maximale était d'environ 77 %

### **II.5-Propriétés et caractérisation des produits obtenus :**

La caractérisation des produits obtenus à partir de la graisse de chameau est importante pour évaluer leur qualité et leur utilisation potentielle dans diverses applications ; une seule propriété d'étude.

## II.6-Détermination du point d'éclair du biodiesel :

Le détecteur d'éclair automatique réduit les chances de mal interpréter les résultats et améliore la répétabilité. Les instruments intègrent un réservoir de gaz rempli en utilisant une cartouche de recharge du bouton standard (plus léger) et conviennent à une utilisation mobile lorsqu'ils sont utilisés avec l'adaptateur de 12 volts, les appareils utilisés :

Appareille de mesure de point d'éclair.

Thermomètre.

Echantillon (biodiesel).

Briquet (par ce que le briquet de l'appareille et vide de gaz).

On verse le produit dans le vase jusqu'au repère circulaire, on fixe le thermomètre dans un tube et on place le vase dans le bain de chauffage.

On enflamme le dispositif d'allumage et on règle la hauteur de flamme (de 3-4 mm), On place l'appareil dans un endroit de laboratoire où on peut voir l'éclair et où il n'y a pas de mouvement d'air.

On chauffe le bain électrique, de façon que la température des produits d'éclair inférieur à 50 °C s'élève de 1°C par minute et de façon que la température des produits avec le point d'éclair supérieur à 50°C s'élève à la vitesse de 5 à 6 °C par minute.

On prend pour le point d'éclair la température marquée par le thermomètre à l'apparition de première la flamme bleue sur la surface du produit essayé.

**Pe = 147°C**



**Figure III.11 :** Appareille de point d'éclaire

# CHAPITRE III

## RÉSULTAT ET LES ANALYSES

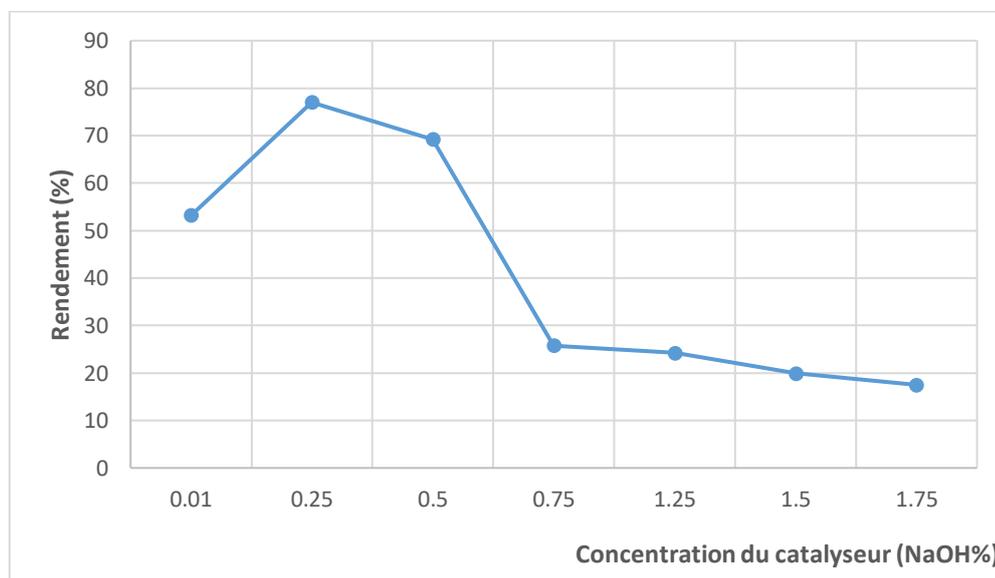
### III.1 Optimisation du rendement en biodiesel :

Nous avons réalisé une série de réactions d'estérification afin de déterminer les conditions permettant d'obtenir le rendement le plus élevé en biocarburant.

Les conditions étaient une température de 60°C et le temps 1 h avec des variations dans de quantité de NaOH

**Tableau (III .1) : Effet de la Concentration du catalyseur sur le rendement en biodiesel (T de réaction 60 °C temps de réaction 1 heures) :**

Concentration du catalyseur (NaOH%)	Rendement (%)
0,01 %	53,2
0,25 %	77
0,5 %	69,2
0,75%	25,8
1,25 %	24,2
1,5 %	19,9
1,75 %	17,5



**Figure (III.1) :** Effet de la Concentration du catalyseur sur le rendement en biodiesel (T de réaction 60 °C temps de réaction 1 heures) : Rapport massique méthanol/huile1/6)

En analysant les données fournies, il est possible de remarquer l'effet de la concentration du catalyseur sur le rendement de la réaction de production de biodiesel.

Voici une comparaison des différentes concentrations de NaOH et leur impact sur le rendement :

En observant ces résultats, on peut remarquer que le rendement en biodiesel varie en fonction de la concentration de NaOH. Les rendements les plus élevés sont obtenus avec les concentrations de 0,25 % et 0,5 %, avec respectivement 77 % et 69 %. En revanche, les rendements les plus faibles sont obtenus avec les concentrations de 1,25 %,

1,5 % et 1,75 %, avec des valeurs de 24 %, 19 % et 17 % respectivement.

Le résultat de test de point d'éclair de biodiésel produit démontre que la combustion du diesel traditionnel, en particulier au démarrage, est plus facile que celle du biodiesel.

CONCLUSION  
GÉNÉRALE

### Conclusion générale

Le biodiesel est un mélange d'esters d'acides gras obtenu par réaction de transestérification. Cette réaction peut être réalisée par exemple avec du méthanol en présence d'un catalyseur NaOH. Le biodiesel est un carburant renouvelable, non toxique et biodégradable qui peut être utilisé dans les moteurs diesel non modifiés ainsi que dans diverses applications basées sur les carburants. Il est composé d'esters méthyliques extraits d'huiles animales. Il peut être utilisé pur ou mélangé à de l'essence conventionnelle.

La quantité de catalyseur joue un rôle crucial dans la réaction d'estérification car l'absence de catalyseur empêche la réaction de se produire. Dans cette étude, le rendement en biodiesel le plus élevé de 77 % a été obtenu avec une concentration de catalyseur de 0,25 % de NaOH (1 % en masse sur la base de 100 ml d'huile) avec un rapport molaire de 6 : 1 entre l'huile et le méthanol à 60 °C. . Cependant, le rendement diminue jusqu'à 17 % lorsque la concentration en catalyseur atteint 1,75 %. Cette diminution peut s'expliquer par des différences dans la structure du catalyseur qui affectent négativement la réaction de transestérification.

L'utilisation des os de chameaux comme source de matières premières présente de nombreux avantages économiques et environnementaux. Par exemple, convertir la graisse d'os de chameau en biodiesel pourrait contribuer à réduire le coût de production de ce carburant renouvelable.

En conclusion, l'application des résultats de cette étude au niveau industriel peut contribuer à la création de richesse et au développement économique.

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



## Références bibliographiques

[1] Mohamed EL Amine KADI, THESE DE DOCTORAT Contribution à l'étude de l'influence des biocarburants et de leurs propriétés sur le fonctionnement des moteurs à combustion interne, L'ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE MINESTELECOM ATLANTIQUE BRETAGNE PAYS DE LA LOIRE - IMT ATLANTIQUE, 23/10/2020.

[2] BEN CHEIKH Fatma Zohra, Master Contribution à la synthèse d'un biodiesel, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 2016/2017.

[3] Florent Allain. Étude expérimentale et théorique de la transestérification des huiles végétales par catalyse hétérogène : approche muti-étagée du procédé de synthèse du biodiesel. Alimentation et Nutrition. Université de Lorraine Français, 2014.

[4] ANNOU Hanane, CHIBANI Amina, MASTER synthèse de biodiesel d'une algue verte, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 2015/2016.

[5] Fitta FouziGhe Deir Amar Fatma, Mémoire MASTER ACADEMIQUE, Synthèse du biodiesel par transestérification des huiles de friture usées (HFU), KASDI MERBAH UNIVERSITY-OUARGL, 2016/2017.

[6] IMENE GUESMIA, AMINA BOUZAR ESSAIDI, Mémoire MASTER ACADEMIQUE contrôle de la qualité de biodiesel synthétise a partir d'huile d'arachide, KASDI MERBAH UNIVERSITY-OUARGL, 2012/2013

[7] M. BENAYAD Imad Kamel Eddine, Melle BENCHENNI Kheira, Mémoire MASTER ACADEMIQUE, Synthèse de biodiesel en utilisant les nanomatériaux à base de Co/SBA-15, Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib, 2020/2021.