

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 Science de la Matière



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 Licence/Master
Filière : Chimie
Spécialité : Chimie Macromoléculaire

**LA PRODUCTION DU BIODIESEL A PARTIR DU
RECYCLAGE DES HUILES DE FRITURE USAGEES**

Présenté Par :

1/ ROUANE Mohamed Imed eddine
2/BELBACHIR Abdelhaq

M2 SM

Devant le jury composé de :

Mme KIBOU Zahira	Pr	U.Ain Témouchent	Présidente
Mme BAILICHE Zohra	Pr	U.Ain Témouchent	Examinatrice
Mme RAMDANI Nassima	Dr	U.Ain Témouchent	Encadrante
Mme FEKIH Nadia	Dr	U.Ain Témouchent	Co-encadrante
Mme HASNAOUI Meryem	Dr	U.Ain Témouchent	
Mr HANDAOUI Mahfoud	Dr	U.Ain Témouchent	Représentant de l'incubateur
Mme Fatmi Frid Siham		Maison d'environnement	Partenaire socioéconomique
Mme Chaoui Siham		Direction de l'industrie	Partenaire socioéconomique

Année Universitaire 2024/2025

Remerciement

Tout d'abord , on tient à exprimer notre gratitude envers le bon Dieu, tout-puissant, pour nous avoir accordé la force nécessaire pour survivre et l'audace nécessaire pour surmonter tous les obstacles.

On tient avant tout à exprimer notre reconnaissance au DR RAMDANI Nassima de nous avoir accepté de nous encadrer dans cette étude. On la remercie de nous avoir orienté, aidé et conseillé tout au long de ce travail.

On souhaite également remercier Pr KIBOU ZAHIRA d'avoir accepté de présider le jury dans ce mémoire. On remercie vivement Pr BAILICH Zohra d'évaluer mon travail au sein du jury de soutenance.

On adresse notre profonde gratitude au Dr HANDAOUI Mahfoud pour avoir fait l'honneur d'examiner ce travail comme représentant de l'incubateur de notre université.

On remercie aussi Mme Chaoui Siham (Direction d'industrie) pour avoir fait l'honneur de sa présence dans le jury.

On adresse nos remerciements à Mme Fatmi Frid Siham (Maison d'environnement Ain Témouchent) comme partenaire socioéconomique pour sa présence dans ce jury.

On tient aussi à remercier les ingénieurs des laboratoires que nous avons sollicités et qui ont répondu présents. Merci également à tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Dédicace

*Je dédie ce mémoire à mes chers parents,
pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices, leur soutien
moral et matériel tout au long de mon parcours.*

Sans eux, rien n'aurait été possible.

*À mes frères et sœurs,
pour leur présence, leur encouragement et leur confiance en moi.*

*À tous ceux qui ont cru en moi, de près ou de loin,
je vous adresse ma profonde reconnaissance.*

ROUANE Mohamed Imed eddine

Dédicace

Je dédie ce travail

A mes chers parents, et mes grandes mères.

*Ceux qui ont éclairé mon chemin et qui m'ont encouragé et soutenue
tout au long de mes études.*

A mes sœurs et mon frère

A tous mes oncles et mes tantes.

A tous mes cousins et mes cousines.

*À tous ceux qui ont cru en moi, de près ou de loin,
je vous adresse ma profonde reconnaissance.*

BELBACHIR Abdelhaq

Résumé :

La production de biodiesel à partir des huiles de friture usagées s'inscrit pleinement dans une démarche de développement durable. Ce travail a permis de démontrer qu'il est possible de valoriser un déchet courant, souvent mal éliminé, en un carburant alternatif respectueux de l'environnement. Grâce au procédé de transestérification, ces huiles ont été transformées avec succès en biodiesel, répondant aux normes de qualité sur des critères essentiels tels que la densité, la viscosité, le pH et la composition chimique.

Les résultats obtenus montrent que le biodiesel ainsi produit présente des performances physico-chimiques satisfaisantes et comparables à celles des carburants fossiles, tout en réduisant les émissions polluantes. De plus, la récupération de la glycérine comme sous-produit ouvre la voie à d'autres applications utiles, notamment dans la fabrication de savon, renforçant encore l'intérêt économique et écologique de cette filière.

En conclusion, ce projet met en évidence la faisabilité technique, la rentabilité et les avantages environnementaux du recyclage des huiles de friture en biodiesel. Il représente une solution locale, accessible et durable face à la dépendance aux énergies fossiles, et constitue une réelle opportunité pour les collectivités et industries soucieuses de leur impact écologique.

Abstract :

The production of biodiesel from waste cooking oils is fully consistent with the principles of sustainable development. This study has demonstrated the feasibility of valorizing a common waste stream, frequently mismanaged, into an environmentally benign alternative fuel. Using the transesterification process, these oils were effectively converted into biodiesel meeting established quality standards based on critical parameters such as density, kinematic viscosity, pH, and chemical composition.

The experimental results indicate that the resulting biodiesel exhibits adequate physicochemical properties comparable to those of conventional petroleum-based diesel fuels, while contributing to a significant reduction in pollutant emissions. Additionally, the recovery of glycerol as a secondary by-product offers potential for value-added applications, notably in the manufacture of soaps, thereby enhancing the economic and environmental sustainability of the production pathway.

In summary, this project underscores the technical viability, economic profitability, and ecological benefits of converting waste frying oils into biodiesel. It represents a viable, localized, and sustainable solution to reducing dependence on fossil fuels and constitutes a genuine opportunity for communities and industries committed to minimizing their environmental footprint.

ملخص:

يتمشى إنتاج الديزل الحيوي من زيت الطهي المستعمل تمامًا مع نهج التنمية المستدامة. وقد أثبت هذا العمل إمكانية تحويل نفايات شائعة، غالبًا ما يتم التخلص منها بشكل سيئ، إلى وقود بديل صديق للبيئة. وباستخدام عملية الأسترة، تم تحويل هذه الزيوت بنجاح إلى ديزل حيوي، مستوفيةً معايير الجودة الأساسية كالكتافة واللزوجة ودرجة الحموضة والتركيب الكيميائي. أظهرت النتائج أن الديزل الحيوي الناتج يتميز بأداء فيزيائي وكيميائي مريض يُضاهي أداء الوقود الأحفوري، مع تقليل انبعاثات الملوثات. علاوة على ذلك، فإن استعادة الجلوسرين كمنتج ثانوي تفتح الباب أمام تطبيقات مفيدة أخرى، لا سيما في صناعة الصابون، مما يعزز الفوائد الاقتصادية والبيئية لهذا القطاع.

وفي الختام، يُسلط هذا المشروع الضوء على الجدوى الفنية والربحية والفوائد البيئية لإعادة تدوير زيت الطهي المستعمل إلى ديزل حيوي. ويمثل هذا المشروع حلًا محليًا ومتاحًا ومستدامًا للاعتماد على الوقود الأحفوري، ويمثل فرصة حقيقية للمجتمعات والصناعات المعنية بتأثيره البيئي.

CHAPITRE I : BIOCARBURANTS

Figure I-1: Schéma explicatif de transformation des biocarburants de première génération (d'après IPF d'énergies renouvelables).....	5
Figure I-2 : Biocarburants de deuxième génération tirés de déchets de l'agriculture et de l'exploitation forestière (Doudou, 2007).....	6
Figure I-3 : Procédé de biocarburants à partir des micro-algues lipidique.....	7
Figure I-4 : Schéma récapitulatif des trois générations des biocarburants.....	7
Figure I-5 : Structure générale d'une huile végétale. R1, R2, R3 désignent des chaînes d'acides gras et différent en longueur et nombre de double liaison	9

CHAPITRE II : EXPERIMENTAL

Figure II.1 : Chauffer l'huile (40°-50°) pour faciliter la filtration	18
Figure II.2 : Préparation solution (hydroxyde sodium + méthanol)	19
Figure II.3 : Réaction de transestérification	19
Figure II.4 : Chauffer l'huile Friture à 55°C	20
Figure II.5 : Image montrant l'apparence de deux phase : biodiesel en haut et la glycérine en bas	21
Figure II.6 : La Décantation	22
Figure II.7 : Lavage du biodiesel	23
Figure II.8 : Viscosimètre rotatif	26
Figure II.9 : Ph Mètre a-AB23PH-B	27
Figure II.10 : Appareil de spectrophotométrie Infrarouge (FTIR)	28
Figure II.11 : Pic de infrarouge	29

Figure II.12 : Test de flamme30

Figure II.13 : Test 3/2732

Figure II.14 : Préparation de savon liquide34

Figure II.15 : Le savon liquide36

CHAPITRE I : BIOCARBURANTS

Tableau 1-1. : Les principaux avantages et inconvénients des biocarburants	8
Tableau I-2 : Acides gras continue dans les dérivés huiles comestibles	10
Tableau I-3 : La composition chimique des huiles alimentaires fabriquées en Algérie	10
Tableau I-4 : Matières premières végétales pour la production de biodiesel	11
Tableau I-5 : Comparaison des prix d'huiles végétales et d'huile de cuisson usée	12
Tableau.I-6 : Coût de production du biodiesel selon le type de matière première	12
Tableau I.7 : Commerce et prix mondiaux du biodiesel	13

CHAPITRE II : EXPERIMENTAL

Tableau II.1 : les produits et les matériels utilisés	16
Tableau II.2 : Résultats d'analyse la densité	25
Tableau II.3 : Résultats d'analyse la viscosité	26
Tableau II.4 : résume les principales bandes observées et leur interprétation	28

Symbole	Dénomination	Unité
M	La masse molaire	g/mol
m	La masse	kg
d	La densité	kg/l
V	Le volume	ml
T	La température	C° ou k
t	Le temp	Min ou S
η	Le rendement, efficacité	%
ρ	La masse volumique	kg
ρ_{eau}	La masse volumique de l'eau	L
ν	La viscosité cinématique	M ² /s

Liste des abréviations :

g : gramme

ml : millilitre

C°: degré Celsius

C : carbone

CH₃ : Méthyle

CH₄ : Méthane

min: minute

%: pourcentage

h: heur

R: rendement

ρ_{eau} : La masse volumique de l'eau

Ph: Potentiel hydrogène

FTIR : La spectroscopie infrarouge à transformée de fourier

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Nomenclature

Liste des abréviations

Introduction générale

CHAPITRE I : BIOCARBURANTS

1. Biocarburants	4
2. Classification des biocarburants	4
2.1. Biocarburants de première génération	4
2.1.1. Filière de bioéthanol	4
2.1.2. Filière de biodiesel	5
2.2. Biocarburants de deuxième génération	5
2.3. Les biocarburants de 3 ème génération	6
3. Les avantages et les inconvénients des biocarburants	8
4. Différents types de biocarburants	8
5. Généralités sur les huiles végétales	8
5.1. Définition	8

5.2.	Composition et caractéristiques chimiques des huiles	9
5.3.	La composition chimique des huiles alimentaires fabriquées en Algérie est donnée dans le tableau suivant	10
6.	Les huiles usées de cuisson comme source de biodiesel	11
6.1.	Les huiles usagées et environnement	11
6.2.	Évaluations économiques	11
6.3.	Comparaison avec les huiles usées	11
7.	Le commerce du biodiesel	12
7.1.	Les pays importateurs	12
7.2.	Les pays Exportateurs	14

CHAPITRE II : EXPERIMENTAL

1.	Introduction	16
2.	Matériels et Méthodes	16
2.1.	Matériels et produits utilisés	16
2.2.	Calculs de la quantité de réactifs	16
2.3.	Mode Opératoire	17
2.3.1.	Filtration de l'huile usagée	17
2.3.2.	Préparation de la solution de méthanol et hydroxyde de sodium	18
2.3.3.	Réaction de transestérification	19
2.3.4.	Séparation des phases et lavage du biodiesel	21
2.3.5.	Lavage du biodiesel	22
2.3.6.	Séchage du biodiesel	23
3.	Rendement de la production de biodiesel	23
4.	Caractérisation de Biodiesel	23
4.1.	La densité	23
5.	Protocole expérimental	24
5.1.	Mesure de la masse du bécher vide	24
5.2.	Calcul la densité	24
5.3.	La viscosité	25
5.3.1.	Définition	25
5.3.2.	Protocole expérimental	25
5.3.3.	Résultat	26
6.	Ph Mesure	26

6.1. Définition	26
6.2. Mode opératoire	27
6.3. Résultat	27
7. Spectroscopie infrarouge (FTIR)	28
7.1. Analyse du spectre FTIR Vérification de la présence de biodiesel	28
7.2. Résultat	29
8. Test de flamme	30
8.1. Définition	30
8.2. Mode opératoire	30
8.3. Résultat	31
9. Test 3/27	31
9.1. Définition	31
9.2. Procédure	31
9.3. Résultats	31
10. Glycérine brute	32
10.1. Définition	32
10.2. Caractéristiques de la glycérine brute	32
10.3. Utilisations possibles après purification	32
11. Fabrication de savon liquide avec glycérine brute et savon solide	33
11.1. Matériel nécessaire	33
11.2. Étapes de fabrication	34
11.2.1. Préparation de la glycérine brute	34
11.2.2. Préparation du savon	34
11.2.3. Mélange des ingrédients	35
11.2.4. Ajustement de la consistance	35
11.2.5. Parfum et finition	35
11.2.6. Repos et test final	35
11.2.7. Utilisation	35

Conclusion générale

Référence bibliographie

Annexe BMC ملحق نموذج العمل التجاري

INTRODUCTION :

De nos jours, l'industrialisation et la motorisation ne cessent de croître et demandent de plus en plus de carburant. Les suites de cet acte contribuent à l'augmentation de la pollution atmosphérique et des concentrations des gaz à effet de serre, dont l'influence sur le réchauffement climatique. Face à ce problème préoccupant, l'utilisation des biocarburants est une alternative plus 'propre' que le pétrole. Ce biodiesel biodégradable, non-toxique, présentant l'avantage de réduire la consommation du pétrole et de réduire les émissions de gaz à effet de serre [1].

Les biocarburants sont des carburants produits à partir de matériaux organiques renouvelables et non fossiles. Selon Fangrui et al. [2], ces derniers font partie de deux grandes familles, les substituts à l'essence (bioéthanol, biobutanol et biométhanol) et les substituts au carburant diesel (biodiesel).

La production du biodiesel a attiré une attention considérable dans le passé récent comme biocarburant pouvant contribuer à diminuer notre dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles. C'est un biocombustible biodégradable et une alternative écologique au diesel, produit par transformation d'huiles d'origine végétales, animales ou usées en esters alkylés [3-5]. Il présente les avantages de renouvelabilité, non toxique, un point d'éclair élevé et moins de pollution [6, 7].

L'histoire du biocarburant a débuté en 1892, lorsque l'inventeur du moteur diesel, Rudolph Diesel a testé pour la première fois de l'huile d'arachide, dans le moteur qu'il a inventé, le moteur à combustion interne, et qui porte son nom [8]. Les inconvénients majeurs de l'utilisation des huiles végétales sont essentiellement liés à leur viscosité élevée (environ 11 – 17 fois plus élevée que le carburant diesel) et la volatilité faible qui engendre la formation de dépôts dans les moteurs [9]. Pour contourner ces inconvénients: les triglycérides qui constituent les huiles végétales peuvent être transformés en esters d'alcool et en glycérol par une réaction de transestérification avec du méthanol ou d'éthanol.

Actuellement, l'idée respectant le développement durable et écologique consiste à la récupération des huiles alimentaires usagées présentant un grave problème écologique et qui possèdent un fort potentiel pour être valorisées en carburants, du fait qu'elles sont très riches en triglycérides et en acides gras libres.

La transestérification est l'une des plus importantes méthodes utilisées pour la transformation des huiles végétales en carburant diesel. Il s'agit d'un procédé dans lequel les huiles végétales, les graisses animales ou les huiles à base des micro-algues sont

mélangées à un alcool (éthanol ou méthanol) en présence d'un catalyseur [10].

Ce travail a pour objectif de produire un biodiesel répondant à la norme de qualité internationales, à partir d'une huile végétale usagée: l'huile issue de friture de: pomme de terre, poisson et les beignets et d'une collecte d'un mélange des huiles usagées ramenée de la société Recycoil; par la réaction de transestérification et les comparer au pétrodiesel qui réponde à la norme de qualité internationale.

CHAPITRE I : BIOCARBURANTS

- ◆ **Biocarburants**
- ◆ **Classification des biocarburants**
- ◆ **Les avantages et les inconvénients des biocarburants**
- ◆ **Différents types de biocarburants**
- ◆ **Généralités sur les huiles végétales**
- ◆ **Les huiles usées de cuisson comme source de biodiesel**
- ◆ **Le commerce du biodiesel**

1. Biocarburants :

Biocarburants est un carburant liquide ou gazeux provenant de sources biologiques renouvelables telles que les huiles végétales, les graisses animales, la biomasse algale...etc. Les biocarburants sont durables, moins polluants avec une sécurité d'approvisionnement. Les principaux types de biocarburants sont : Le biodiesel, qui est un carburant produit par le traitement catalytique de l'huile végétale et peut être utilisé directement dans les moteurs diesel sans modifications. Le bioéthanol comme substituant de l'essence, la plupart des moteurs à essence ne puissent pas fonctionner au bioéthanol sans modification et le biogaz ou biométhane. [11]

Donc, les biocarburants se distinguent des autres sources d'énergie non fossiles par leur provenance des matériaux biologiques. En outre, peu importe la nature des biocarburants, il est évident que c'est une énergie durable et renouvelable car elle provient de sources végétales et animales, ce qui autorise leur remplacement après une période limitée. [12]

2. Classification des biocarburants :

Les biocarburants sont utilisés sous forme d'additifs ou de complément aux carburants fossiles suivants : gazole (incorporation en tant que biodiesel), essence au kérosène et aux carburants gazeux. On distingue trois générations de biocarburants selon l'origine de la biomasse utilisée et les procédés de transformation associés. Aujourd'hui, seule la première génération. [13]

2.1. Biocarburants de première génération :

Un biocarburant dit de première génération est un carburant produit à partir de cultures destinées à l'alimentation par des techniques et des procédés relativement simples. [14]

Les biocarburants de première génération existent deux grandes filières de production de biocarburants :

2.1.1. Filière de bioéthanol :

Pour la production de bioéthanol, ce sont plutôt les plantes à forte teneur en sucre (canne à sucre, betterave et sorgho...) ou encore des plantes contenant une quantité importante d'amidon (maïs, blé, pomme de terre,..). La production de bioéthanol consiste principalement à transformer les sucres ou l'amidon en alcool par fermentation alcoolique par des microorganismes qui produisent des enzymes responsables de cette transformation. Dans le cas d'amidon, il faut passer par une étape de saccharification qui convertit l'amidon en sucres simple. Le mélange obtenu est ensuite distillé puis déshydraté pour obtenir du bioéthanol pur. [14]

2.1.2. Filière de biodiesel :

Dans le cas du biodiesel, ce sont les cultures oléagineuses telles que le soja, tournesol, l'huile de palme qui sont transformées par un procédé chimique appelé Trans estérification qui permet de produire du biodiesel. Cette réaction chimique nécessite d'abord d'extraire l'huile de la plante ensuite la mélange avec de l'alcool et un catalyseur et le carburant qui en résulte est un ester d'huile végétale. Le méthanol comme alcool et l'hydroxyde de sodium ou de potassium comme catalyseur sont les produits les plus utilisés dans le processus chimique de Trans estérification. Aujourd'hui, la première génération des biocarburants a atteint le stade industriel mais leurs productions entre en compétition avec la production alimentaire, et donc avec la disponibilité et le cours des aliments dans le monde. [14]

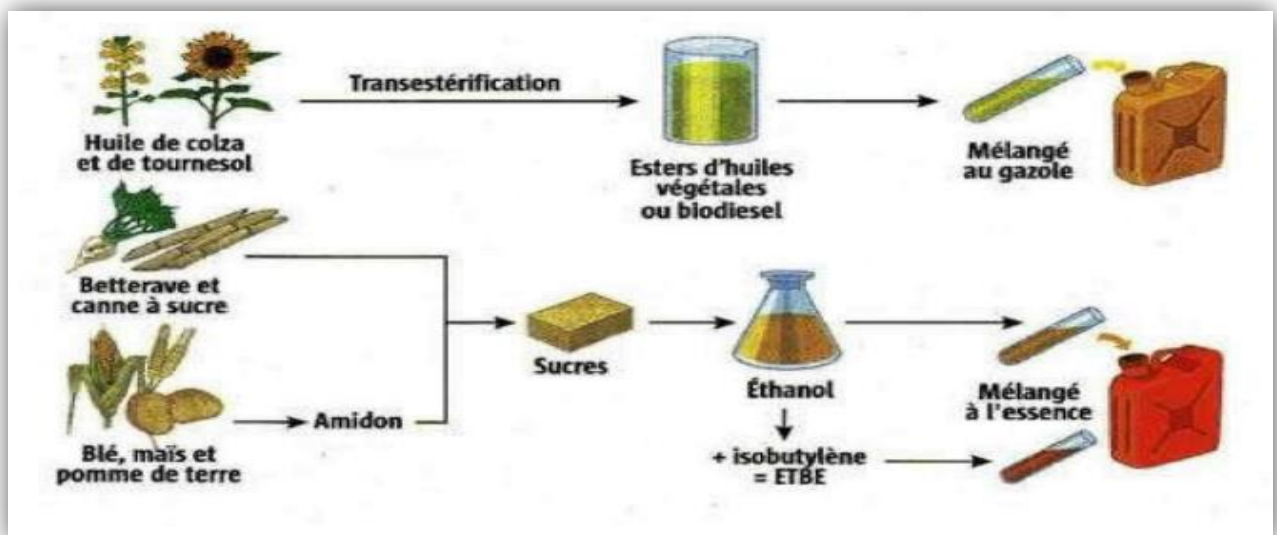


Figure I-1: Schéma explicatif de transformation des biocarburants de première génération (d'après IPF d'énergies renouvelables).

2.2. Biocarburants de deuxième génération :

A l'effet de pallier l'utilisation des produits alimentaires pour la production de carburant dans un environnement mondial pas très favorable, les recherches s'orientent vers de nouvelles filières, aux meilleurs rendements et sans grande conséquence pour l'environnement. [15]

Ces carburants sont issus de la transformation de lignocellulose contenue dans les résidus agricoles (paille) et forestiers (bois), ou dans des plantes provenant de cultures dédiées (taillis à croissance rapide). Les nouveaux procédés cherchent à améliorer le bilan énergétique en utilisant toute la plante. Pour cela les résidus de sylviculture, les déchets organiques, des cultures comme la luzerne ou le miscanthus sont exploités. [16]

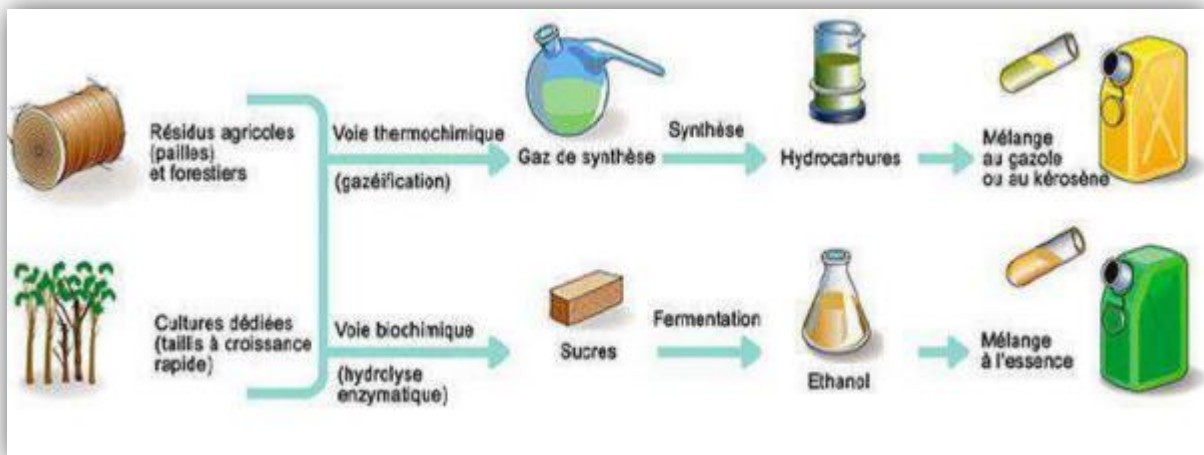


Figure I-2 : Biocarburants de deuxième génération tirés de déchets de l'agriculture et de l'exploitation forestière (Doudou, 2007).

2.3. Les biocarburants de 3^{ème} génération :

Les micro-algues ces biocarburants sont obtenus à partir de la production de lipides ou d'hydrogène par des micro-organismes. Le soufre est un élément chimique nécessaire au processus de formation des protéines. Lorsque l'algue *Chlamydomonas Reinhardtii* est privée de soufre, la photosynthèse diminue et elle met en place une autre voie énergétique : la production d'hydrogène. On peut cultiver les micro-algues avec deux procédés différents : l'utilisation d'un photo-bioréacteur ou de biomasse extérieures. Les rendements prévus sont 3 à 30 fois supérieurs aux espèces oléagineuses (notamment car le taux de photosynthèse est plus important). Les biocarburants de :

- Génération sont un enjeu énergétique important. [17]

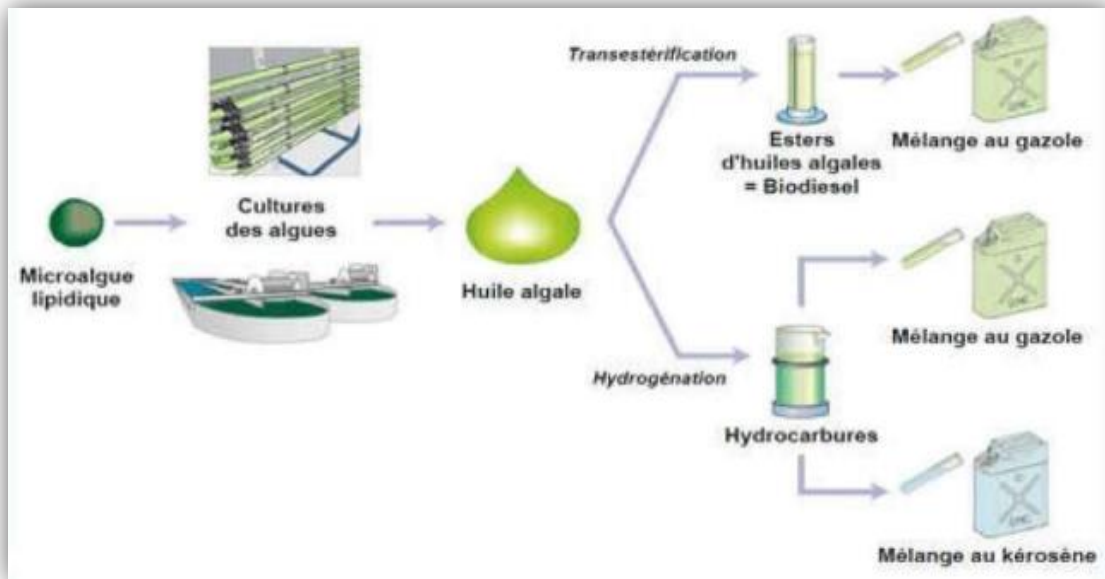


Figure I-3 : Procédé de biocarburants à partir des micro-algues lipidique.

Source : Institut Français de Pétrole (2011)

La figure I-4 présente un schéma récapitulatif de la classification et de la matière première utilisée pour la fabrication de biocarburants. [17]

Génération 1^{ère}

- Issus de produits alimentaires (blé, maïs, betteraves, colza) via des processus techniques simples: bilan environnemental médiocre et socio-économique dangereux.

Génération 2^{ème}

- Issus de sources ligno-cellulosiques (bois,feuilles,paille,ect) à partir de processus techniques avancés: meilleur bilan énergétique et environnemental.

Génération 3^{ème}

- Produits par des micro-organismes, en s'affranchissant de la contrainte du sol: encore au stade de la recherche.

Figure I-4 : Schéma récapitulatif des trois générations des biocarburants.

Source : CEA (2010)

3. Les avantages et les inconvénients des biocarburants :

Les avantages et les inconvénients des biocarburants se résument dans le tableau suivant :

Tableau 1-1. : Les principaux avantages et inconvénients des biocarburants (touati, 2013).

Les avantages	Les inconvénients
1- ressources renouvelables.	1- L'augmentation de la demande en biocarburants a eu pour conséquence le renchérissement des cours mondiaux des céréales et des oléagineux.
2- Limitent les émissions de gaz à effet de serre (GES) et les consommations d'énergie non renouvelable.	2- Us sont gourmands en énergie, coûteux à cultiver à collecter et à transformer.
3- Emettent moins de polluants tels que le soufre (à l'origine des pluies acides), les suites, les particules fines.	3- Ils instaurent une concurrence redoutable entre cultures énergétiques et cultures alimentaires.
4- Permettent de diversifier les sources de production d'énergie et réduire la dépendance à l'or noir et de valoriser des ressource domestique.	4- Le développement de biocarburants issus de cultures énergétiques peuvent être une menace pour les écosystèmes et les puits.

4. Différents types de biocarburants :

La directive CE (Directive 2003/30/CE) énoncé une liste non limitative de 10 produits qui peuvent être considérés comme des biocarburants : bioéthanol, biodiesel, biogaz, biométhanol, biodiméthyléther, bio-ETBE (bioéthyl-tertio-butyl-éther), bio-MTEBE (bio-méthyl-tertio-butyl-éther), biocarburants synthétiques, biohydrogène, et les huiles végétales pures. (Poitrat E, 2005). Les deux principaux biocarburants candidats prêt à un développement industriel sont l'éthanol (principalement utilisé en Europe sous forme d'éthyl-tertio-butyl-éther ou ETBE) et l'ester méthylique d'huile végétale (EMHV) ou biodiesel. [19]

5. Généralités sur les huiles végétales :

5.1. Définition :

Les huiles végétales sont extraites des graines, des amandes et des fruits. Les oléagineux sont ceux qui servent à produire industriellement de l'huile et qui sont cultivés dans ce but. Parmi les plantes cultivées pour leur huile, on cite : l'arachide, l'olivier, le colza, le ricin, le soja et le tournesol. En général toutes les graines contiennent de l'huile [20].

Les huiles végétales sont des substances insolubles dans les solvants minéraux constituées en majeure partie d'esters de glycérol d'acides gras appelés triglycérides [21].

Du point de vue structural, un triglycéride est une molécule de glycérol est constituée de trois molécules d'acides monocarboxylique, a langue chaine hydrocarbonée appelés acides gras dont la structure chimique suivante (Figure I-5) : [21]

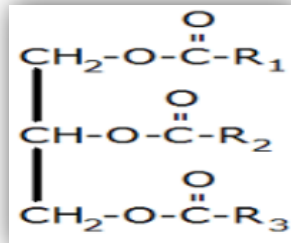


Figure I-5 : Structure générale d'une huile végétale. R1, R2, R3 désignent des chaînes d'acides gras et différent en longueur et nombre de double liaison.

5.2. Composition et caractéristiques chimiques des huiles :

L'intérêt de connaître la composition d'une huile est évident, puisque celle-ci va avoir une influence sur les caractéristiques physiques essentielles pour évaluer la qualité du biodiesel qui en résulte comme la viscosité, le point de fusion et la stabilité thermique. De point de vue chimique, la composition des huiles est fonction des variations de conditions de culture (sol, amendement, climat, hygrométrie...). Les huiles végétales sont constituées essentiellement de triglycérides, d'acide gras libres et de produits secondaires. [22]

La teneur maximale de ces derniers est de l'ordre de 1 à 5 %, dans une huile brute normale, tel que : les huiles type palmitique ; les huiles ou beurre de type stéarique ; les huiles de oléiques ; les huiles de type linoléique et les huiles tri-insaturées. [22]

Le tableau I-2 regroupe les structures des acides gras les plus fréquents dans les huiles végétales.

Tableau I-2 : Acides gras continue dans les dérivés huiles comestibles .

Désignation d'acide Gras	Nombre d'atomes de carbone	Formule	Class
Palmitique	C ₁₆	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	Sature
Stéarique	C ₁₈	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	Saturé
Oléique	C _{18:1}	$CH_3(CH_2)_7CH = CH(CH_2)_7COOH$	Insaturé
Linoléique	C _{18:2}	$CH_3(CH_2)_4CH = CHCH_2CH = CH(CH_2)_7COOH$	Polyinsaturé
Linoléique	C _{18:3}	$CH_3(CH_2)_4CH = CHCH_2CH = CHCH_2CH = CH(CH_2)_4COOH$	Polyinsaturé

Les huiles végétales peuvent être utilisées directement comme carburants car leur pouvoir calorifique est important (environ 80 % de celui du petrodiesel). Mais elles ont des viscosités cinématiques importantes, au moins 10 fois supérieures à celles du diesel à 40°C, ce qui occasionne une mauvaise atomisation dans la chambre de combustion du moteur. [22]

D'autre part, leurs combustions y provoquent la formation d'importants dépôts. Pour les raisons citées ci-dessus, l'utilisation directe des huiles dans les moteurs est à éviter en général. Les huiles végétales sont transformées par transestérification en biodiesel dont les propriétés sont voisines de celles du pétrodiesel. [22]

5.3. La composition chimique des huiles alimentaires fabriquées en Algérie est donnée dans le tableau suivant :

Tableau I-3 : La composition chimique des huiles alimentaires fabriquées en Algérie. Délégation régionale Franche-Comté, 2007

MARQUE	NATURE DE L'HUILE
Huile ELIO	80% Soja, 20% Tournesol
Huile FLEURIAL	100% Tournesol
Huile AFIA	95% Soja, 5% maïs
Huile HUILOR	100% Soja
Huile BONAL	100% Soja
Huile LYNOR	90% Soja, 10% Palme
Huile SAFIA	100% Soja
Huile LABELLE	100% Soja

6. Les huiles usées de cuisson comme source de biodiesel :

6.1. Les huiles usagées et environnement :

Comme toutes les activités économiques, le secteur de la restauration est un producteur de déchets et plus particulièrement des huiles alimentaires usagées, essentiellement des huiles de friture. La valorisation de ces huiles usées en biodiesel évite leur déversement dans le réseau D'assainissement et par conséquent la protection des installations de traitement des eaux et l'environnement. [23]

6.2.Évaluations économiques :

La production de biodiesel à partir d'huiles végétales a été largement étudiée ces dernières Années. De nombreux chercheurs ont rapporté la production de biodiesel à partir de différentes matières premières (Demirbas, 2002, Freedman, 1986, Chisti et Yan, 2011, Montefrio et al... (2010)). Le Tableau I-4 montre diverses matières premières végétales utilisées dans la production de biodiesel (Ejaz, 2011). [23]

Tableau I-4 : Matières premières végétales pour la production de biodiesel. (Ejaz, 2011) (EjazM.S, Younis J., Production of biodiesel: a technical review. Renewable Sustainable Energy Reviews, 15, 4732-4745).

Matières premières conventionnelles		Matières premières non conventionnelles
Mahua	Soja	Lard
Tilapia du Nil	Colza	Suif
Palmier	Canola	Graisses de volailles
Graine de tabac	Babassu	Huile de poisson
Caoutchouc	Brassica	Bactéries
Son de riz	Copra	Algues
Sésame	Arachide	Champignons
Tournesol	Cyrena cardunculus	Microalgues
Orge	Coton	Latex
Noix de coco	Citrouille	
Mais	Huile de jojoba	
Huile de cuisson usée		

6.3. Comparaison avec les huiles usées :

Dans le Tableau I-5 ci-dessous, sont présentés les prix moyens internationaux des huiles végétales vierges et graisse jaune (huile usée) utilisées comme matières premières pour la production de biodiesel en 2007. [23]

Tableau I-5 : Comparaison des prix d'huiles végétales et d'huile de cuisson usée.
(Demirbas,2008).

Matière première	Prix moyen (SUS / l)
Huile de Colza	824
Huile de Soja	771
Huile de palme brute	703
Graisse jaune	412
Huile de cuisson usée	224

Demirbas et al., (2008) montrent que le coût des matières premières peut atteindre 80% du coût total de production de biodiesel. Cependant, le prix de huile de cuisson usagée (ou huiles de friture usagées) est de 2,5 à 3,0 fois moins cher que celui des huiles végétales vierges, ce qui pourrait réduire considérablement le coût total de production du biodiesel. En effet, Kemp, (2006) illustre dans le Tableau I-6 le coût de production du biodiesel à partir d'huile alimentaire usée par rapport à celui des huiles vierges et du diesel. [23]

Tableau.I-6 : Coût de production du biodiesel selon le type de matière première.

Source : Kemp, W.H.(2006).Biodiesel : Basics and Beyond –A Compréhensive Guide to Production and Use for the Home and Farm . Azttext Press.

Matière première	Coût de la matière première (USD/L)	Coût total du biodiesel (USD/L)
Huile alimentaire usée	0,15	1,02
Graisse animale	0,26	0,91
Huile de Canola	0,60	1,54
Huile de Soya	0,26	1,32
Pétro-diesel	—	0,81 à 1,39
Mazout léger	—	0,61 à 1,26

7. Le commerce du biodiesel :

7.1. Les pays importateurs :

Comme l'éthanol, les échanges commerciaux de biodiesel ont évolués avec le développement des politiques de soutien aux biocarburants et notamment celles établies dans l'Union européenne. Du fait de la particularité de son parc-automobile – majoritairement composé de moteur diesel – l'Union européenne est le premier consommateur de biodiesel

dans le monde. Depuis la mise en place de la première Directive sur les biocarburants (2003/30/CE) en 2003,

l'Union européenne a régulièrement eu recours aux importations de biodiesel. En effet, les ressources agricoles européennes sont insuffisantes comparées aux objectifs de consommation fixés par les Directives sur les biocarburants. Dès 2006, la Commission européenne avait mis en exergue dans son rapport, la nécessité de faire appel au marché international pour atteindre l'objectif de consommation 5,75 %. Aujourd'hui, avec un niveau de 10 % d'incorporation de biocarburants d'ici 2020 (Directive de 2009), il semble que la situation déficitaire du marché de biodiesel européen va perdurer dans les prochaines années. (Cf. Chap. 2 ; Impact des politiques européennes). Par conséquent l'Union européenne est le premier importateur mondial de biodiesel (quasiment la seule région importatrice nette), tout au long de la dernière décennie. En 2011, la quasi-totalité des importations de biodiesel dans le monde étaient effectuées par les pays de l'Union européenne (Tableau I-7). [24]

Tableau I.7 : Commerce et prix mondiaux du biodiesel.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Exportateurs nets (Million gallons).								
Argentine	0	0	49	206	343	370	377	<u>409</u>
Etas-Unis	0	21	148	307	183	85	-62	<u>-100</u>
Indonésie	2	14	24	24	21	21	23	<u>26</u>
Malisie	-	-	29	55	68	34	47	<u>59</u>
Brésil	-1	0	0	-1	0	0	50	<u>77</u>
Total des exportations*	20	35	284	592	616	562	552	<u>626</u>
Importateurs nets (Millions gallons).								
Union européenne	16	18	280	515	494	559	489	<u>525</u>
Japon	4	5	4	4	3	4	1	<u>1</u>
Reste du monde	-18	11	-34	74	118	-53	-55	<u>-55</u>
Total des importations*	20	35	284	592	616	562	552	<u>626</u>
Prix								
Central Europe FOB Price**	3,19	3,34	3,77	5,34	3,96	4,21	4,77	<u>4,78</u>
Biodiesel Plant	3,06	3,28	3,45	4,64	3,44	3,62	4,22	<u>4,02</u>

Note: 1 gallon = 3,7857 liters ; 1 metric ton = 1136,36 liters.

* Total net exports are the sum of all positive net exports.

** Represents world biodiesel price.

[25] Source: FAPRI-ISU (Food and Agricultural Policy Research Institute – Iowa State University) 2011 World Agricultural

Outlook. Base de données en ligne disponible sur :

<http://www.fapri.iastate.edu/outlook/2011/>

7.2. Les pays Exportateurs :

L'avènement du marché de biodiesel européen au début des années 2000, a suscité l'intérêt de nombreux pays anciennement producteurs des huiles végétales ou des graines oléagineuses. Le début des exportations de biodiesel est marqué par les pays d'Asie du Sud-est (Malaisie et Indonésie principalement) exportateurs historiques d'huile de palme. En effet, les cultures d'huile de palme d'Asie du Sud-est profitaient d'un avantage compétitif par rapport aux autres cultures oléagineuses (soja, colza) susceptibles d'être utilisées dans la production de biodiesel au début des années 2000. C'est à cet effet notamment qu'on assiste à la participation anticipée de la Malaisie et de l'Indonésie – leaders mondiaux de l'huile de palme – dans les exportations de biodiesel. Avant l'arrivée des exportations américaines en 2006, seule l'Indonésie était exportateur net (Tableau I-7 : Commerce et prix mondiaux du biodiesel). [24]

CHAPITRE II : EXPERIMENTAL

- ◆ **Introduction**
- ◆ **Matériels et Méthodes**
- ◆ **Rendement de la production de biodiesel**
- ◆ **Caractérisation de Biodiesel**
- ◆ **Protocole expérimental**
- ◆ **Ph Mesure**
- ◆ **Spectroscopie infrarouge (FTIR)**
- ◆ **Test de flamme**
- ◆ **Test 3/27**
- ◆ **Glycérine brute**
- ◆ **Fabrication de savon liquide avec glycérine brute et savon solide**

1. Introduction :

La production de biodiesel à partir du recyclage des huiles de friture usagées représente une solution écologique et économique pour réduire la dépendance aux énergies fossiles. Ces huiles, souvent jetées après utilisation, peuvent être transformées en carburant renouvelable grâce à un processus de transestérification, limitant ainsi la pollution tout en valorisant un déchet. Cette approche durable contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et favorise une économie circulaire, tout en offrant une alternative viable aux biodiesels traditionnels issus de cultures agricoles.

2. Matériels et Méthodes :

2.1. Matériels et produits utilisés :

Le tableau II.1 regroupe les produits et le matériel qu'on a utilisés dans notre étude.

Tableau II.1 : les produits et les matériels utilisés.

Réactifs chimiques	Equipements de laboratoire
<ul style="list-style-type: none"> - Huile usagée (80% Soja + 20% Tournesol). - Méthanol. - Hydroxyde de potassium. - Hydroxyde de sodium. - L'eau distillée. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ballon de 250 ml ou (Bécher). - Ampoule à décanter. - Eprouvette gradué. - Plaque chauffante avec agitateur intégré. - Barreau magnétique. - Balance. - Thermomètre. - Erlenmeyer. - Entonnoir. - Filtre en papier.

2.2. Calculs de la quantité de réactifs :

Pour le catalyseur (NaOH) : 1% de la masse d'huile ; la masse molaire d'huile : $M = 943 \text{ g/mol}$.

Le rapport : qu'il y a 6 moles de méthanol pour 1 mole d'huile.

Pour l'alcool (méthanol) : $m(\text{méthanol}) : \text{rapport} \times n(\text{huile})$

La masse catalyseur (NaOH) = $200 \times 1/100 = 2 \text{ g}$.

La masse m (méthanol) = $6 \times 200 / 943 = 1,272$ Donc : m (méthanol) = $M \times n$ donc :

La masse m (méthanol) = $32,04 \times 1,272 = 40,75$ g.

La densité de méthanol 0.7918 g/ml.

Volume (en ml) = Masse (en g) / Densité en (g/ml).

Volume = $40 \text{ g} / 0.7918(\text{g/ml}) = 50.52$ ml.

40 g de méthanol correspondent à environ 50,52 ml .

2.3. Mode Opérateur :

2.3.1. Filtration de l'huile usagée :

Objectif:

Avant de procéder à la réaction de transestérification, il faut éliminer les impuretés présentes dans l'huile usagée (résidus alimentaires, miettes, dépôts de friture...). Ces impuretés peuvent perturber la réaction et diminuer le rendement et la qualité du biodiesel.

Procédure :

1. Laisser décanter l'huile usagée pendant plusieurs heures pour que les particules lourdes tombent au fond.
2. Filtrer l'huile à l'aide d'un filtre à café ou d'un filtre en papier placé dans un entonnoir.
→ Répéter si nécessaire pour obtenir une huile limpide sans résidus solides.
3. Transférer l'huile filtrée dans un bécher propre et sec.

Remarque: On peut légèrement chauffer l'huile (40–50°C) pour la rendre plus fluide et faciliter la filtration.



Figure II.1 : Chauffer l'huile (40°-50°) pour faciliter la filtration.

2.3.2. Préparation de la solution de méthanol et hydroxyde de sodium:

Objectif :

Préparer une solution homogène de méthanol et de soude caustique (NaOH) qui servira de catalyseur pour la réaction de transestérification de l'huile.

Procédure :

- 1/** Peser 2 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) à l'aide d'une balance de précision.
- 2/** Mesurer 40 g de méthanol Verser le méthanol dans un bécher propre et sec.
- 3/** Ajouter petit à petit l'hydroxyde de sodium dans le méthanol, tout en agitant doucement à l'aide d'un agitateur magnétique ou d'une baguette en verre.
- 4/** Continuer à agiter jusqu'à ce que toute la soude soit complètement dissoute et que la solution devienne limpide.
* Cela peut prendre quelques minutes.
- 5/** Utiliser immédiatement la solution obtenue pour la réaction avec l'huile, car elle peut se dégrader si on la laisse trop longtemps au contact de l'air.



Figure II.2 : Préparation solution (hydroxyde sodium + méthanol).

2.3.3. Réaction de transestérification :

Objectif :

Transformer les triglycérides contenus dans l'huile de friture en esters méthyliques d'acides gras (le biodiesel) et en glycérine.

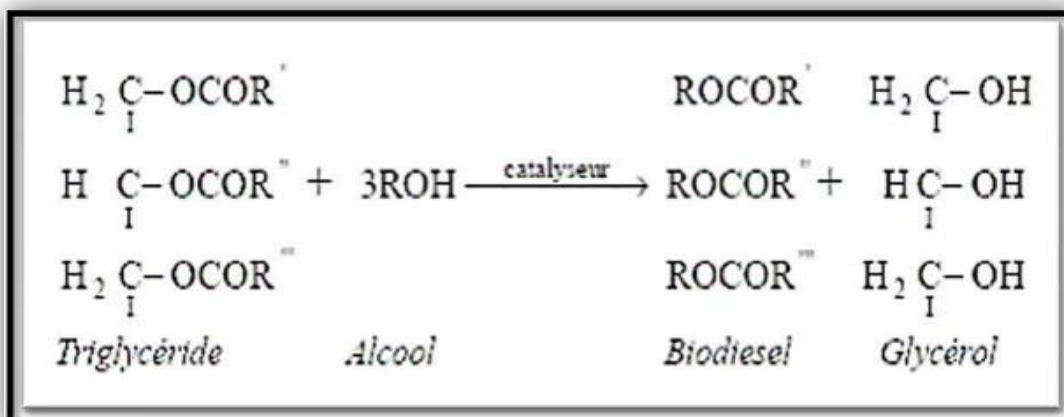


Figure II.3 : Réaction de transestérification.

Procédure :

1-Chauffer doucement l'huile filtrée dans un bécher à environ 55°C.

- Ne pas dépasser 60°C car le méthanol s'évapore à partir de 64,7°C.



Figure II.4 : Chauffer l'huile Friture à 55°C .

2-Une fois l'huile à température, ajouter progressivement la solution de méthanol et NaOH dans le bécher contenant l'huile, tout en agitant continuellement.

3-Maintenir la température à 50–55°C et agiter vigoureusement pendant environ 60 à 90 minutes.

- Si tu as un agitateur magnétique, c'est idéal ; sinon, agite régulièrement à la main avec précaution.

4-Observer la formation progressive d'un mélange homogène.



Figure II.5 :Image montrant l'apparence de deux phase : biodiesel en haut et la glycérine en bas.

2.3.4. Séparation des phases et lavage du biodiesel :

Objectif :

Séparer le biodiesel formé de la glycérine et éliminer les résidus de méthanol, soude et impuretés solubles dans l'eau.

Séparation des phases :

Après la réaction (et après décantation pendant plusieurs heures) :

1. Observer deux couches bien distinctes :
 - Phase supérieure : Biodiesel (plus clair et moins dense)
 - Phase inférieure : Glycérine (plus foncée et plus dense)
2. Séparer les deux phases à l'aide d'un entonnoir à décanter :
 - Ouvrir doucement le robinet pour laisser s'écouler la glycérine dans un récipient.
 - Fermer le robinet dès que seule la phase de biodiesel reste dans l'entonnoir.



Figure II.6 : La Décantation.

2.3.5. Lavage du biodiesel :

Objectif : Éliminer les résidus de catalyseur, méthanol, et autres impuretés solubles dans l'eau.

Méthode de lavage à l'eau douce (lavage par pulvérisation ou par brassage léger) :

1. Ajouter de l'eau tiède (environ 50°C) dans le biodiesel à raison d'environ 20 à 30 % du volume de biodiesel.
2. Agiter doucement le mélange pour éviter l'émulsion.
3. Laisser décanter pendant 30 minutes à 1 heure.
4. Retirer l'eau sale (phase inférieure) qui contient les impuretés.
5. Répéter l'opération plusieurs fois (en général 3 à 5 lavages) jusqu'à ce que l'eau de lavage reste claire et propre.



Figure II.7 : Lavage du biodiesel.

2.3.6. Séchage du biodiesel :

Après le dernier lavage :

- 1- **Chauffer doucement** le biodiesel à environ **70°C** pour éliminer toute trace d'eau.
- 2- Laisser refroidir et conserver le biodiesel obtenu. Cela reflète une bonne qualité du biodiesel sur le plan chimique, ce qui est favorable pour la stabilité du carburant et la prévention de la corrosion des pièces mécaniques.

3. Rendement de la production de biodiesel :

Le rendement de réaction R (%) est calculé en utilisant l'équation suivante :

$$R (\%) = (m \text{ biodiesel} / m \text{ huile}) \times 100$$

En retrouve **m biodiesel** : 170 ml

m-huile : 200 ml

$$R (\%) = (170/200) = 0.85 \%$$

4. Caractérisation de Biodiesel :

4.1. La densité :

Définition:

La densité du biodiesel est définie comme le rapport entre la masse du biodiesel et le volume qu'il occupe, généralement exprimée en kilogrammes par mètre cube (kg/m^3) ou en grammes par centimètre cube (g/cm^3). Lorsqu'il est produit à partir d'huiles de friture usagées — également appelées huiles usagées industrielles ou ménagères (HUI) — cette densité peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la nature de l'huile d'origine, son niveau de dégradation, et les conditions du procédé de transestérification utilisé pour sa transformation. [25]

5. Protocole expérimental :**5.1. Mesure de la masse du bécher vide :**

Tare la balance avec le bécher vide.

Noter sa masse : m_1 (g).

2. Mesure de la masse du bécher + biodiesel

Verser un volume précis (V) de biodiesel dans le bécher (par exemple, 100 mL mesurés avec une éprouvette graduée).

Peser le bécher contenant le biodiesel : m_2 (g).

La masse du biodiesel est : $m_{\text{biodiesel}} = m_2 - m_1$

5.2. Calcul la densité :

$$d = \rho_{\text{biodiesel}} / \rho_{\text{eau}} \qquad \rho_{\text{eau}} = 1$$

$$d = \rho_{\text{biodiesel}} = (m_2 - m_1) / v$$

$$m_1 = 227,43 \qquad m_2 = 322,6$$

$$v = 110$$

$$d = (322,6 - 227,43) / 110$$

$$d = 0,8651$$

Résultat :

La densité mesurée de **0,8651 g/cm^3** respecte les exigences de la norme européenne **EN 14214** (0,860–0,900 g/cm^3 à 15°C), confirmant que le produit final est conforme sur ce critère. Cette valeur indique une bonne composition en esters méthyliques d'acides gras,

compatible avec une utilisation dans les moteurs diesel et les mélanges avec du carburant fossile.

Tableau II.2 : Résultats d'analyse la densité.

Carburant	Biodiesel en norme européenne	Gasoil HM	Biodiesel préparé
Densité	0.86-0.900	0.820-0.845	0.8651

5.3. La viscosité :

5.3.1. Définition :

La viscosité est la mesure de la résistance d'un liquide à l'écoulement, c'est-à-dire à sa capacité à s'écouler sous l'effet d'une force. Elle traduit les frottements internes entre les molécules du liquide. Pour le biodiesel, cette propriété est particulièrement importante, car elle influence directement la qualité de l'injection et de la combustion dans les moteurs diesel. La viscosité du biodiesel est généralement exprimée en centistokes (cSt), avec une mesure standard effectuée à 40 °C, conformément aux normes internationales telles que ASTM D445 ou EN ISO 3104. [26]

5.3.2. Protocole expérimental :

- ◆ Installer l'appareil sur une surface stable et horizontale.
- ◆ Effectuer la calibration initiale.
- ◆ Stabiliser la température de l'échantillon.
- ◆ Bien mélanger l'échantillon.
- ◆ Placer l'échantillon dans un récipient approprié.
- ◆ Immerger les sondes dans l'échantillon sans toucher le fond ou les parois.
- ◆ Démarrer la mesure et attendre la stabilisation des valeurs.
- ◆ Lire la viscosité affichée et nettoyer les sondes après chaque utilisation.



Figure II.8 : Viscosimètre rotatif.

5.3.3. Résultat :

Comparaison avec la norme EN 14214 :

La norme EN 14214 exige une viscosité cinématique (mesurée à 40°C) comprise entre 3,5 et 5,0 mm²/s (équivalent à ~3,5–5,0 mPa·s pour une densité proche de 0,88). Cependant, la mesure à 20°C donne naturellement une viscosité plus élevée, car la viscosité diminue avec la température.

Une valeur de 7,5 mPa.s à 20°C est cohérente avec une viscosité attendue autour de 4,0–4,5 mm²/s à 40°C, ce qui serait conforme.

Tableau II.3 : Résultats d'analyse la viscosité.

Carburant	Biodiesel en norme européenne	Gasoil HM	Biodiesel préparé
Viscosité T= 20°C	6.3-8.1	1.2-10	7.5

6. Ph Mesure :

6.1. Définition :

La mesure du pH du biodiesel issu d'huiles de friture usagées est une analyse indirecte permettant d'évaluer l'acidité résiduelle du carburant. Étant donné que le biodiesel est un

composé non aqueux, son pH ne peut pas être mesuré directement. On procède donc par une extraction aqueuse, généralement à l'aide d'eau distillée, pour estimer son acidité. Cette mesure permet de détecter la présence d'acides gras libres, de résidus de catalyseurs ou d'autres impuretés, susceptibles de compromettre la qualité du carburant et de provoquer des phénomènes de corrosion dans les moteurs.[27]

6.2. Mode opératoire :

- ◆ Mettez en marche le pH-mètre
- ◆ Rincer l'électrode avec de l'eau distillée
- ◆ Appuyer sur CAL, l'appareil demande le standard 1 (le neutre pH 7)
- ◆ Insérer l'électrode dans le flacon contenant l'échantillon
- ◆ Appuyer sur CAL et attend un bon moment
- ◆ Après avoir stabilisé, lire la valeur du pH
- ◆ Enlever l'électrode et rincer avec de l'eau distillée abondamment.



Figure II.9 : Ph Mètre a-AB23PH-B

6.3. Résultat :

À travers la mesure du pH du biodiesel obtenu, il a été constaté que l'échantillon tend légèrement vers un milieu basique (pH = 8), ce qui indique la possible présence de résidus de substances basiques utilisées lors du processus de saponification ou de transestérification. Bien que le biodiesel ne permette pas une mesure précise du pH en raison de sa nature non aqueuse, nous avons utilisé un pH-mètre qui, étant ancien, ne donne pas de résultats fiables.

Un papier indicateur de pH a été utilisé comme référence plus fiable pour estimer le pH réel du biodiesel (pH=7).

Un pH mesuré à 7 avec du papier pH à 21 °C est un bon indicateur d'un biodiesel de qualité satisfaisante, bien neutralisé et prêt à être utilisé ou stocké.

Cela reflète une bonne qualité du biodiesel sur le plan chimique, ce qui est favorable pour la stabilité du carburant et la prévention de la corrosion des pièces mécaniques.

7. Spectroscopie infrarouge (FTIR) :

La spectroscopie infrarouge est l'une des spectroscopies les plus utilisées en analyse structurale. Elle permet d'identifier, d'une manière individuelle ou comparative, les groupements actifs les plus répandues dans différents composés organiques [28].



Figure II.10 : Appareil de spectrophotométrie Infrarouge (FTIR).

7.1. Analyse du spectre FTIR – Vérification de la présence de biodiesel :

L'échantillon analysé présente plusieurs bandes caractéristiques dans le spectre FTIR, typiques du **biodiesel** (esters méthyliques d'acides gras). Le tableau suivant résume les principales bandes observées et leur interprétation :

Tableau II.4 : résume les principales bandes observées et leur interprétation

Numéro de bande (cm ⁻¹)	Interprétation	Correspond au biodiesel ?
1743 cm ⁻¹	Liaison C=O d'un ester – très caractéristique	Oui, bande essentielle dans le biodiesel
3487 cm ⁻¹	Présence de OH – humidité ou méthanol résiduel	Possible trace de solvant, sans grande influence

2934 & 2873 cm^{-1}	Liaisons C–H des longues chaînes alkyles	Typique des acides gras du biodiesel
1462 & 1377 cm^{-1}	Déformations CH_2 / CH_3	Couramment observées dans le biodiesel
1160–1018 cm^{-1}	Liaisons C–O–C (fonction ester)	Forte preuve de présence d'esters méthyliques
723 cm^{-1}	Mouvement "rocking" de CH_2 – longue chaîne aliphatique	Fréquent dans les longues chaînes du biodiesel

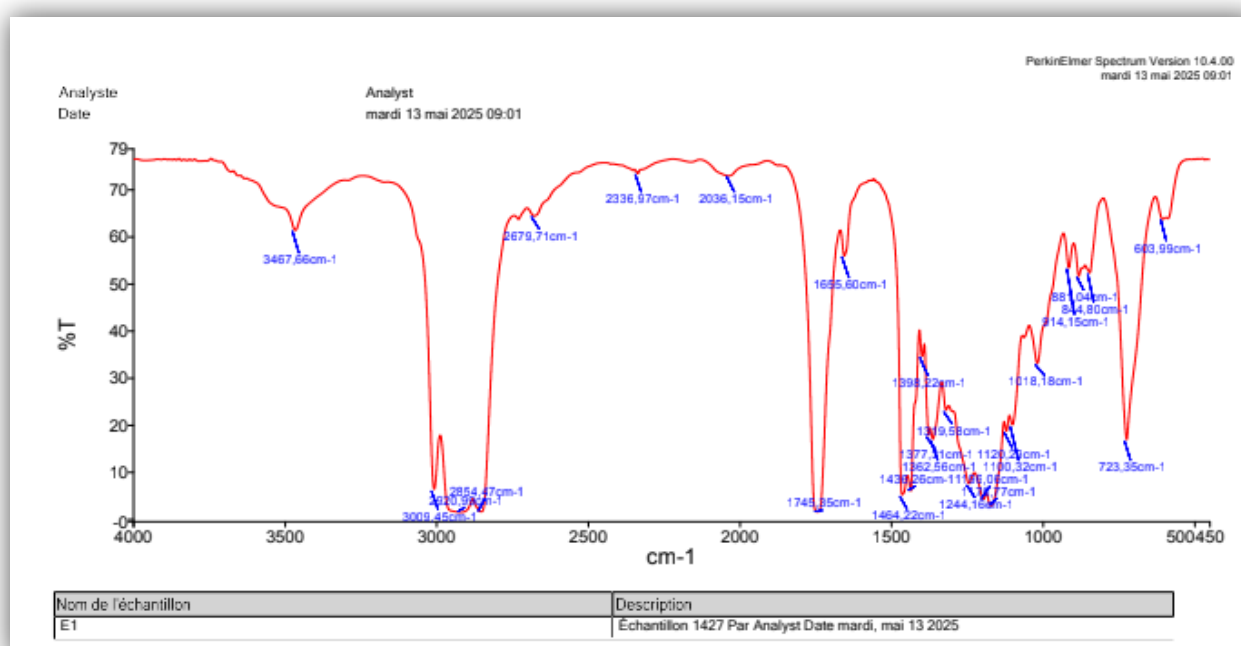


Figure II.11 :Pic de infrarouge .

7.2. Résultat :

Le spectre FTIR présente l'ensemble des caractéristiques attendues pour un **biodiesel**, notamment :

- Une forte bande d'ester à **1743 cm^{-1}**
- L'absence notable d'acide carboxylique libre (1700 cm^{-1})
- La présence de chaînes d'acides gras longues et de fonctions ester

On peut donc conclure avec une grande certitude que l'échantillon est du biodiesel ou contient une forte proportion de biodiesel

8. Test de flamme :

8.1. Définition :

Le test de flamme consiste à enflammer une petite quantité de biodiesel afin d'observer la couleur, la stabilité et la propreté de la combustion. Ce test permet une évaluation qualitative du carburant en comparant visuellement sa combustion à celle du diesel conventionnel ou de l'huile de friture brute. Il permet ainsi de juger de la pureté et de la qualité du biodiesel produit. [29]

8.2. Mode opératoire :

Plonger une mèche en coton dans un creuset contenant un peu de carburant (huile, et biodiesel)

- ◆ Enflammer la mèche et comparer les flammes.
- ◆ Observations.
- ◆ L'huile donne une flamme légèrement fuligineuse.
- ◆ Le biodiesel donne une flamme quasi invisible.

Les combustions permettent d'aborder les équations de réaction.



Figure II.12 : Test de flamme.

8.3. Résultat :

Le test de flamme a montré que le biodiesel produit possède des propriétés de combustion propres, avec une flamme claire et stable, sans dégagement important de fumée noire. Cela indique une bonne pureté du carburant et confirme la réussite du processus de transestérification. Le biodiesel obtenu peut ainsi être considéré comme une alternative écologique et efficace au diesel classique pour les applications énergétiques.

En comparaison, une huile de friture brute aurait généré une flamme plus instable, accompagnée de fumée noire et de résidus visibles, dus à la présence de composés oxydés, de polymères ou d'eau.

9. Test 3/27 :

9.1. Définition :

Le test 3/27 est un test qualitatif utilisé pour évaluer la pureté du biodiesel et vérifier la complétude de la réaction de transestérification. Il consiste à mélanger 3 mL de biodiesel avec 27 mL de méthanol. Si le mélange obtenu reste clair et homogène après agitation et repos, cela indique que le biodiesel est majoritairement composé d'esters méthyliques, ce qui signifie que la transestérification a été réussie. En revanche, la présence de trouble ou de séparation signale la présence d'huile non réagie et donc un biodiesel de qualité inférieure. [30]

9.2. Procédure :

1. Prélever 3 mL de biodiesel.
2. Ajouter les à 27 mL de méthanol dans une éprouvette propre et sèche.
3. Agiter doucement pendant quelques secondes.
4. Observer la solution pendant 15 à 30 minutes.

9.3. Résultats :

- Solution claire et homogène : la conversion est complète ou presque complète.



Figure II.13 : Test 3/27.

10. Glycérine brute :

10.1. Définition :

La glycérine brute est un sous-produit de la réaction de transestérification utilisée pour produire du biodiesel à partir d'huiles végétales ou de graisses animales. Elle se forme lorsque les triglycérides des huiles réagissent avec un alcool (généralement le méthanol) en présence d'un catalyseur pour donner des esters méthyliques (biodiesel) et de la glycérol (glycérine).

[31]

10.2. Caractéristiques de la glycérine brute :

- **Apparence :** Liquide visqueux, brun foncé, avec une odeur caractéristique.
- **Pureté :** Typiquement 50 à 80 % de glycérine, le reste étant des résidus de catalyseur, des savons, des alcools non réagis, des acides gras libres et de l'eau.
- **pH :** Généralement basique en raison des résidus de catalyseurs comme NaOH ou KOH.
- **Densité :** Plus élevée que celle du biodiesel.

10.3. Utilisations possibles après purification :

- Cosmétiques (après raffinage),
- Pharmaceutiques,
- Fabrication de savons,

- Additifs alimentaires,
- Bioplastiques,
- Biogaz (après fermentation).

11. Fabrication de savon liquide avec glycérine brute et savon solide :

Utiliser de la glycérine brute et du savon solide est une méthode simple pour créer un savon liquide naturel, tout en tirant parti des propriétés hydratantes de la glycérine.

11.1. Matériel nécessaire :

- Récipient résistant à la chaleur
- Casserole
- Bâton mélangeur ou fouet
- Flacon pompe ou bouteille pour le savon
- Gants et lunettes de protection (surtout si la glycérine brute est encore impure) ingrédients (pour environ 1 L de savon liquide)

- 100 g de savon solide naturel (savon de Marseille, savon d'Alep ou tout autre savon sans additifs chimiques)
- 200 g de glycérine brute
- 800 mL d'eau distillée
- 10 à 20 gouttes d'huile essentielle (optionnel, pour le parfum)
- 20 g de sel (chlorure de sodium) (optionnel, pour épaissir)



Figure II.14 : Préparation de savon liquide.

11.2. Étapes de fabrication :

11.2.1. Préparation de la glycérine brute :

- Si la glycérine brute est encore très visqueuse et impure, il est recommandé de la purifier :
 - Chauffez la glycérine à 80-90°C.
 - Ajoutez 20 g de sel pour aider à séparer les impuretés.
 - Remuez bien, puis laissez refroidir et filtrez pour récupérer la glycérine purifiée.

11.2.2. Préparation du savon :

- Râpez 100 g de savon solide pour faciliter sa dissolution.
- Faites chauffer 800 mL d'eau distillée dans une casserole jusqu'à frémissement (ne pas faire bouillir).

11.2.3. Mélange des ingrédients :

- Ajoutez les copeaux de savon à l'eau chaude et remuez doucement jusqu'à dissolution complète.
- Ajoutez ensuite 200 g de glycérine brute (purifiée ou non, selon votre choix).
- Continuez à remuer jusqu'à obtenir un mélange homogène.

11.2.4. Ajustement de la consistance :

- Si le savon est trop liquide, ajoutez un peu de sel pour épaissir.
- Si le savon est trop épais, ajoutez un peu plus d'eau chaude et mélangez bien.

11.2.5. Parfum et finition :

- Retirez du feu et laissez refroidir légèrement.
- Ajoutez 10 à 20 gouttes d'huile essentielle pour le parfum, si vous le souhaitez.
- Versez le mélange dans un flacon propre.

11.2.6. Repos et test final :

- Laissez reposer 24 heures pour que le savon atteigne sa consistance finale.
- Testez la texture et l'épaisseur, puis ajustez si nécessaire avec de l'eau ou du sel.

11.2.7. Utilisation :

- Ce savon liquide est parfait pour les mains, le corps et même comme nettoyant multi-usage pour la maison.
- Bien secouer avant chaque utilisation si nécessaire.



Figure II.15 :Le savon liquide.

CONCLUSION :

La problématique de la gestion des déchets huileux, notamment les huiles de friture usagées, constitue aujourd'hui un enjeu environnemental majeur. Ces résidus, lorsqu'ils sont rejetés dans la nature sans traitement préalable, participent à la pollution des sols, des eaux et nuisent à la biodiversité. Face à cette situation préoccupante, la valorisation de ces déchets par leur transformation en biodiesel représente une alternative innovante, durable et économiquement intéressante.

Dans ce mémoire, nous avons étudié la possibilité de produire un biocarburant, le biodiesel, à partir d'huiles de friture usagées en utilisant principalement la réaction de transestérification. Cette démarche a nécessité l'analyse et l'optimisation de plusieurs paramètres clés : la qualité initiale de l'huile, le type et la quantité de catalyseur (acide ou basique), le rapport molaire alcool/huile, la température de la réaction et le temps de réaction. Les résultats obtenus ont montré que, malgré la dégradation partielle des huiles usagées (présence d'eau, d'acides gras libres et de composés oxydés), il est tout à fait possible d'en tirer un biodiesel de qualité satisfaisante, respectant en grande partie les normes internationales telles que EN 14214 ou ASTM D6751.

Sur le plan environnemental, cette solution permet de réduire la charge polluante liée à l'élimination des huiles usées et de limiter les émissions de gaz à effet de serre par substitution partielle au diesel d'origine fossile. Du point de vue économique, l'utilisation d'une matière première peu coûteuse – voire gratuite – permet d'abaisser le coût de production du biodiesel, rendant son exploitation plus accessible, notamment pour les pays en développement.

Cependant, des défis subsistent. La collecte organisée des huiles usagées, la purification préalable à la réaction chimique, le traitement des sous-produits (comme le glycérol) et la nécessité de technologies adaptées à l'échelle industrielle restent des points clés à améliorer pour assurer la viabilité de cette filière à grande échelle.

En conclusion, la production de biodiesel à partir des huiles de friture usagées constitue une solution concrète et durable à la croisée des préoccupations énergétiques, économiques et écologiques. Elle incarne un modèle de développement circulaire qui mérite d'être encouragé

et soutenu par des politiques publiques appropriées, la sensibilisation des citoyens et l'investissement dans la recherche et l'innovation technologique. L'avenir de cette filière repose sur une volonté collective de transformer un déchet problématique en une ressource stratégique pour la transition énergétique.

- [1] Publication N°EVC 031, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. La production de biodiesel à partir des cultures oléagineuses, 2008.
- [2] F. Maa and M.A. Hanna, 'Biodiesel Production: A Review', *Bioresource Technology*, Vol. 70, N°1, pp. 1 - 15, 1999.
- [3] J. Nikiema and M. Heitz, 'Biodiesel. II. Production - A Synthesis', *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 35, N°1, pp. 107 – 117, 2008.
- [4] Z. Helwani, M.R. Othman, N. Aziz, W.J.N. Fernando, J. Kim, 'Technologies for Production of Biodiesel Focusing on Green Catalytic Techniques: A Review', *Journal of Fuel Processing Technology*, Vol. 90, pp. 1502 - 1514, 2009.
- [5] Dennis Y.C. Leung, X. Wu and M.K.H. Leung. 'A Review on Biodiesel Production Using Catalyzed Transesterification', *Applied Energy*, Vol. 87, N°4, pp. 1083 - 1095, 2010.
- [6] S. Mazloom, T. Muhammad, A. Saqib, G. Qing-Xiang and F. Yao, 'Transesterification of Jojoba Oil, Sunflower Oil, Neem Oil, Rocket Seed Oil and Linseed Oil by Tin Catalysts', *Biomass and Bioenergy*, Vol. 70, pp. 225 - 229, 2014.
- [7] T. Krawczyk, 'Biodiesel-Alternative Fuel Makes Inroads But Hurdles Remain', *Inform* Vol. 7, pp. 801 - 829, 1996.
- [8] E.G. Shay, 'Diesel Fuel From Vegetable Oils: Status and Opportunities', *Biomass and Bioenergy*, Vol. 4, N°4, pp. 227 - 242, 1993.
- [9] A. Srivastava and R. Prasad, 'Triglycerides-Based Diesel Fuels', *Renewable and Sustainable Reviews*, Vol. 4, pp. 111 - 133, 2000.
- [10] G. Knothe, J.H. Van Gerpen and J. Krahl, 'The Biodiesel Handbook', AOCS Press, Champaign, IL, 2005.
- [11] D. Puppan, Environmental evaluation of biofuels, *periodica polytechnica social and management sciences*, vol. 34, no. 7, pp. 863-876. 2006.
- [12] M. H. Abdelmalek et M. M. Abdesami, Caractérisations physico- chimiques d'un biodiesel préparé à partir des huiles végétales usagées.
- [13] Rapport sur l'industrie des énergies décarbonées en 2010 Auteur(s) moral(aux) : Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement ; Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie.
- [14] ABADA, SABAH, (2017) Maître de Recherche B. Division Bioénergie et Environnement-GDER.
- [15] LETTRE DE POLITIQUE AGRICOLE de la CMA/AOC (LEPAC), (2007), Développement des biocarburants et formulation des politiques agricoles futures Afrique de l'ouest et du centre.

- [16] BAIERINI DANIEL, (2006). les Biocarburants état des lieux, perspectives et enjeux du Développement ,IFP publications, Editions TECHNIP.
- [17] DUBREUIL A, (2008).Les biocarburants au coeur de la polémique Crutzen, atelier Changement Climatique.
- [18] POITRAT E, (2005). Les biocarburants en France et en Europe (ADEM), lyon, Poughère comme carburant en milieu rural.
- [19] Colonna P, (2006). La chimie verte. EDTEC et DOC. Paris : lavoisier, 532p.
- [20] TIZANE DAHO « Contribution a l'étude des conditions optimales de combustion des huiles végétales dans les moteurs diesel et sur les brûleurs : cas de l'huile de coton », Université de Ouagadougou, 2008.
- [21] BARKA AMEL « Mémoire: Evaluation des indices de nature physico-chimiques de quelques huiles alimentaires de friture et impact sur la santé du consommateur », Université de Tlemcen, 2016.
- [22] CHAIB F., KHENFER A., 'Synthèse de biodiesel par la transestérification des huiles commercialisées', Ouargla, Algérie, pages 4-5, 2013.
- [23] Mostafé CHAMOUMI 'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DU BIODIESEL À PARTIR D'HUILES DE MICROALGUES ET D 'HUILES USÉES.
- [24] Amine AKBI 'Les implications du développement des biocarburants. UNIVERSITE NICE SOPHIA ANTIPOLIS.
- [25] Leung, D. Y. C., Wu, X., & Leung, M. K. H. (2010). A review on biodiesel production using waste cooking oil as feedstock. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(5), 873–885. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.020>.
- [26] Knothe, G. (2005). Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology*, 86(10), 1059–1070. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2004.11.002>
- [27] Demirbas, A. (2009). Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy Conversion and Management*, 50(1), 14–34. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.09.001>
- [28] Knothe, G., Van Gerpen, J., & Krahl, J. (Eds.). (2005). *The Biodiesel Handbook*. AOCS Press. ISBN: 9781893997640.

[29] Wimmer, T., Siebenhofer, M., & Mittelbach, M. (2009). Performance of different biodiesel quality parameters in combustion and emission tests. *Fuel*, 88(12), 2151–2157. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2009.01.017>

[30] Knothe, G. (2001). Analytical methods used in the production and fuel quality assessment of biodiesel. *Transactions of the ASAE*, 44(2), 193–200. <https://doi.org/10.13031/2013.6116>

[31] Thompson, J. C., & He, B. B. (2006). Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. *Applied Engineering in Agriculture*, 22(2), 261–265. <https://doi.org/10.13031/2013.20272>



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



ملحق نموذج العمل التجاري

<p>Ms ROUANE Mohamed Imad Eddine</p> <p>Ms BELBACHIR Abdelhaq</p> <p>Dr RAMDANI Nassima</p> <p>Dr HASNAOUI Meryem</p>	<p>الاسم و اللقب</p> <p>Votre prénom et nom</p> <p>Your first and last Name</p>
<p>BioFuel</p>	<p>الاسم التجاري للمشروع</p> <p>Intitulé de votre projet</p> <p>Title of your Project</p>
<p>0792594078</p> <p>0794767484</p> <p>0770782677</p> <p>0667710075</p>	<p>رقم الهاتف</p> <p>Votre numéro de téléphone</p> <p>Your phone number</p>
<p>imededdin815@gmail.com</p> <p>belbachirhako2002@gmail.com</p> <p>chlouche2003@yahoo.fr</p> <p>hasnaoui.cuat46@gmail.com</p>	<p>البريد الالكتروني</p> <p>Votre adresse e-mail</p> <p>Your email address</p>
<p><i>Ain-Temouchent</i></p>	<p>مقر مزاولة النشاط (الولاية- البلدية)</p> <p>Votre ville ou commune d'activité</p> <p>Your city or municipality of activity</p>

البطاقة التقنية للمشروع **Fiche technique du Projet**

طبيعة المشروع **Nature de projet**

المنتوج ذو طابع إنتاجي

Vente de marchandises

Sale of goods

المشكلة المراد حلها وتكون مدعمة بالبيانات (إحصائيات إن وجدت)

المشكلة الأساسية: الاعتماد المفرط على الوقود الأحفوري المدعوم وتراكم الزيوت المستعملة

في الجزائر، يُعتبر الوقود الأحفوري، مثل الديزل، مدعومًا بشكل كبير من قبل الدولة، مما يجعله الخيار الأول للمستهلكين. هذا الدعم يؤدي إلى استهلاك مرتفع للوقود الأحفوري، مما يساهم في زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة. في عام 2021، بلغت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع المحروقات في الجزائر حوالي 139.7 مليون طن، مقارنة بـ133.3 مليون طن في عام 2020

[Ultra Algeria](#).

بالموازاة، تُنتج الجزائر أكثر من 100 مليون لتر من زيت الزيتون سنويًا، بالإضافة إلى كميات كبيرة من الزيوت النباتية الأخرى. غالبًا ما يتم التخلص من الزيوت المستعملة بطرق غير سليمة، مثل سكبها في شبكات الصرف الصحي، مما يؤدي إلى تلوث المياه وتفاقم المشاكل البيئية. [الجزيرة نت+2Bilad El2+2Online R s'Anna](#)

تفصيل المشكلة:

1. التلوث البيئي الناتج عن التخلص غير السليم من الزيوت المستعملة:

- تُعتبر الزيوت المستعملة من الملوثات الخطرة، حيث يمكن أن يؤدي لتر واحد من الزيت إلى تلوث ما يصل إلى 1,000 لتر من المياه.
- عدم وجود نظام فعال لجمع وإعادة تدوير الزيوت المستعملة يفاقم من هذه المشكلة.

2. الانبعاثات الكربونية المرتفعة بسبب الاعتماد على الوقود الأحفوري:

- الاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري المدعوم يؤدي إلى زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة.

في عام 2021، ارتفعت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع المحروقات إلى 139.7 مليون طن [Ultra Algeria](#).

في ظل الاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري، يواجه العالم عدة تحديات:

- الندرة المستقبلية للنفط ومشتقاته.
- الانبعاثات الكربونية وتأثيرها على التغير المناخي.
- الاعتماد الكبير على الاستيراد في بعض الدول.
- عدم استدامة الوقود التقليدي من منظور بيئي واقتصادي.

وعلى صعيد محلي (مثل الجزائر أو الدول النامية):

- هناك كميات ضخمة من الزيوت النباتية المستعملة التي يتم التخلص منها بطريقة تلوث البيئة.
- ضعف في البدائل المحلية للطاقة خاصة في قطاع النقل والصناعة

الحل المقترح: تحويل الزيوت المستعملة إلى بيوديزل

يقترح المشروع إنشاء وحدة إنتاج بيوديزل طبيعي باستخدام:

- زيوت نباتية مستعملة أو زيوت نباتية خام (مثل زيت الصويا، دوار الشمس، الجاتروفا...).
- تكنولوجيا التحويل الحيوي (transesterification).
- نظام إنتاج مستدام صديق للبيئة.

مميزات المنتج:

- أقل تلويثاً للبيئة بنسبة تصل إلى 80% مقارنة بالديزل التقليدي.
 - قابل للتجديد وغير سام.
 - يساعد في تقليص الاعتماد على الوقود المستورد.
- يقال من تكلفة التخلص من الزيوت المستعملة ويوفر مصدر دخل إضافي.

يهدف مشروعنا إلى جمع الزيوت المستعملة وتحويلها إلى بيوديزل، وهو وقود حيوي يمكن أن يُستخدم كبديل جزئي أو كلي للديزل التقليدي. هذا الحل يُسهم في:

- 1- تقليل التلوث البيئي: من خلال جمع الزيوت المستعملة ومنع التخلص غير السليم منها.
- 2- خفض الانبعاثات الكربونية: البيوديزل يُنتج انبعاثات أقل مقارنة بالديزل التقليدي.
- 3- تعزيز الاقتصاد الدائري: باستخدام نفايات الزيوت كمصدر للطاقة. [El Bilad](#)

4- القيمة المقترحة:

ما القيمة التي نقدمها للزبون؟

نوفر حلاً بيئياً واقتصادياً لتحويل الزيت المستعمل إلى وقود نظيف (بيوديزل)، مما يساعد الزبائن على تقليل التكاليف، الامتثال البيئي، وتحقيق عوائد من نفايات كانت تمثل عبئاً.

كيف نساعد الزبون على حل مشكلاته؟ (البحث عن حل وتحويله إلى نموذج تجاري)

الفئة	المشكلة	الحل التجاري
مطاعم/فنادق شركات النقل/المزارعين الدولة المجتمع	صعوبة التخلص من الزيت بشكل قانوني وأمن غلاء الوقود التقليدي وتأثيره البيئي التلوث البيئي وتكاليف الدعم الحكومي للوقود نقص الوعي البيئي والتلوث	نوفر خدمة جمع منظمة ومجانية أو مدفوعة مع حوافز مادي نبيع لهم بيوديزل أرخص وأقل ضرراً على المحرك والبيئة نساعد في تقليل النفايات والانبعاثات وخفض الاستيراد نوفر بديل ملموس وسهل المشاركة فيه (جمع الزيت من المنازل)

ما طبيعة هذا الحل للمشكلة هل هي قيم نوعية أو كمية؟

إنتاج محلي عبارة عن قيم نوعية وكمية معاً.

- كمية: تقليل الانبعاثات، خفض تكاليف الوقود، تقليل تلوث المياه، إنتاج وقود بديل.
- نوعية: تحسين الوعي البيئي، تعزيز صورة الزبون كجهة مسؤولة، تبسيط المعالجة الآمنة للنفايات

القيمة المبتكرة او الجديدة:

- لأول مرة في الجزائر: تحويل الزيت المنزلي والتجاري المستعمل إلى منتج له قيمة تجارية مباشرة.
- إدخال نموذج الاقتصاد الدائري (Circular Economy) عملياً إلى السوق الجزائري.
- ربط أطراف متعددة: مواطنون، شركات، دولة، بيئة، في سلسلة قيمة واحدة.
- إمكانية التوسع لتطبيق النظام في بلدان مشابهة أو التصدير لاحقاً.

القيمة في التصميم:

- تصميم وحدات إنتاج صغيرة (أو متنقلة) تناسب البيئة الجزائرية غير الصناعية في بعض المناطق.
- إمكانية الربط مع تطبيقات لجمع الزيت وتحديد مواقع الاستلام.
- مرونة في الشراكات (مع البلديات، المطاعم، المحطات).

القيمة في سهولة الاستخدام:

الزبون لا يحتاج معرفة تقنية أو تغييرات كبيرة في سلوكه:

- صاحب مطعم يُسلم الزيت فقط.
- مستهلك الوقود يستخدم البيوديزل بنفس المحرك.
- توعية بسيطة + حوافز كافية = مشاركة عالية.
- تبني تدريجي وسلس: نبدأ مع زبائن مهتمين بالبيئة والتوفير

Customer segments: -2

شرائح العملاء

- من أهم عملائنا؟

- البلديات والإدارات التي تهتم بالتدوير والنظافة الحضرية.
- شركات النقل التي تبحث عن حلول بيئية.
- المزارع والمولدات الكهربائية في المناطق الريفية.
- منظمات بيئية وتمويل دولي لمشاريع الطاقة النظيفة.
- محطات وقود .
- أسواق خارجية (تصدير محتمل)

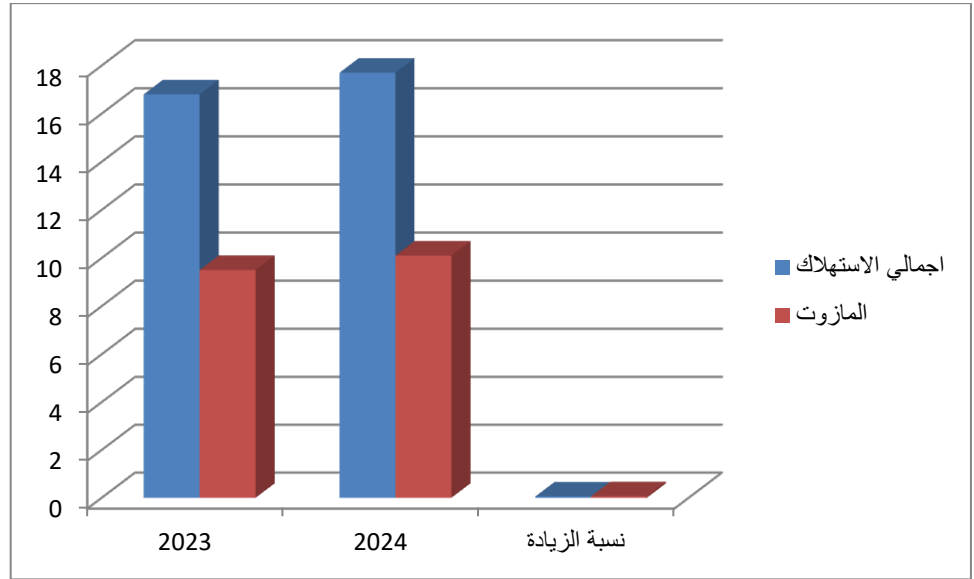
- شركات النقل والمواصلات.
- المزارع الكبرى التي تستخدم آلات تعمل بالديزل.

- شركات الصناعات الغذائية.
- البلديات والمؤسسات الحكومية.
- تجار الوقود المحليين.
- المهتمون بالطاقة البديلة والاستدامة

لمن نوجه القيمة؟ (حدد بالتفصيل)

الفئة	نوع القيمة المقدمة
شركات النقل المزارعون المطاعم والفنادق البلديات المنظمات البيئية الأسر	وقود نظيف واقتصادي بديل للديزل طاقة بديلة بأسعار معقولة لتشغيل المعدات خدمة جمع الزيوت + مكافآت/شهادات بيئية تقليل التلوث وتحسين إدارة النفايات مشروع مستدام قابل للدعم والتمويل مشاركة في نظام جمع الزيت مقابل حوافز أو وعي بيئي

تحديد السوق المحتمل:



وثيقة 01: توضح الاعددة البيانية لاستهلاك المازوت في الجزائر

المصدر: هذه احصائيات نسبة استهلاك الجزائريين للمواد البترولية سنة 2024

<https://hyat.cz/0hldr>

ملاحظات

- ارتفع الاستهلاك الإجمالي 5.4% بسبب النشاط الاقتصادي المتزايد
- المازوت سجل أعلى زيادة (6.4%) مما يعكس ارتفاع الطلب في القطاعات الصناعية والنقل

- التوقعات تشير إلى استمرار نمو الاستهلاك في السنوات القادمة

العلاقات مع العملاء: 3- Customer Relationship

كيف تجذب انتباه العملاء إلى منتجاتك أو خدماتك؟

كيف تشجع العميل لشراء منتجك أو خدمتك؟

1. شركات النقل والمزارعون

- الفائدة: الحصول على وقود بيئي بديل بسعر تنافسي مقارنة بالديزل التقليدي.

● العلاقة :

- عقود توريد طويلة المدى.
- خدمة ما بعد البيع (دعم فني لضمان التوافق مع المحركات).
- عروض تخفيض عند الكميات الكبيرة.

2. مطاعم، فنادق، ومقاهي

- الفائدة: التخلص من الزيوت المستعملة بطريقة نظيفة وقانونية + مكافآت أو خصومات رمزية.

● العلاقة:

- خدمة جمع منتظمة.
- تقديم شهادة "مؤسسة خضراء" تعزز صورتهم البيئية.
- تطبيق أو نظام بسيط لتسجيل الكميات المستلمة

3. البلديات والإدارات

- الفائدة: تقليل التكاليف البيئية للتخلص من الزيوت + تحسين صورة المدينة في الاستدامة.

● العلاقة:

- شراكة تعاقدية لجمع الزيوت.
- تقارير دورية عن الأثر البيئي والاقتصادي.

4. المنظمات البيئية وجهات التمويل

- الفائدة: تنفيذ مشاريع ذات أثر مستدام على البيئة والمجتمع.

● العلاقة:

- تقارير أداء شفافة.
- فرص شراكة في الحملات التحسيسية والمبادرات.

5. محطات الوقود

- الفائدة: الحصول على منتج محلي نظيف للبيع أو الاستخدام.
- العلاقة:
 - عقود توزيع أو امتياز.
 - دعم تسويقي مشترك لمنتج البيوديزل.

6. الأفراد والأسر

- الفائدة: حوافز بسيطة مقابل الزيوت المستعملة + مساهمة في تقليل التلوث.
- العلاقة:
 - نقاط تجميع قريبة.
 - حملات تحسيسية وخصومات رمزية.

وسائل تقوية العلاقة مع العملاء

- منصة إلكترونية (تطبيق أو موقع) لتتبع الطلبات والتواصل.
- برامج ولاء: خصومات، شهادات، إعلانات.
- توعية بيئية تعزز ارتباط العميل بالقضية.
- خدمة العملاء على مدار الساعة: توفير وسائل اتصال متعددة مثل الهاتف، البريد الإلكتروني، والدردشة الحية لمساعدة العملاء في حال وجود مشاكل.
- ضمان الجودة: تقديم ضمانات للتأكد من جودة المنتج وتقديم الدعم في حال وجود أية مشكلات
- الاهتمام برضاء العميل: الاستماع لملاحظات العملاء والاستجابة لها بشكل سريع وفعال لضمان رضاهم

5- القنوات:

4-

Channels :

- كيف يعلم الجمهور بوجودنا أو منتجنا أو خدمتنا؟
- ما هي قنوات التوزيع التي يفضلها العملاء للتواصل معهم؟
- ما هي القنوات الأكثر فعالية مقارنة مع تكلفتها

قنوات التوزيع التي يفضلها العملاء:

1. التوزيع المباشر (B2B):

- ما يفضله العملاء (شركات ومزارع):
 - توصيل مباشر للوقود إلى مقراتهم أو خزاناتهم.
 - عقود توريد منتظمة وبأسعار ثابتة.
 - خدمات جمع الزيوت مقابل خصومات أو الدفع.

2. الشراكة مع محطات الوقود:

- يفضلها الزبائن الصغار أو الأفراد الذين لا يحتاجون كميات كبيرة.
- توفر بيوديزل بجانب الوقود العادي يزيد من الراحة والثقة.

3. منصة إلكترونية (موقع أو تطبيق):

- للتواصل، تتبع الطلبات، حجز مواعيد جمع الزيوت، أو طلب تسليم بيوديزل.
- مفضلة لدى العملاء الشباب والمطاعم الحديثة.

4. قنوات التواصل والتثقيف:

- حسابات فيسبوك، يوتيوب، وإنستغرام لعرض الفوائد البيئية وتقديم نصائح.
- منصات إعلامية محلية للتوعية بمشروع جمع الزيوت وبيع البيوديزل

6- الشركات الرئيسية: 5- Key partners:

- من هم الشركاء الرئيسون الذين يمكن مساعدتنا في الانتاج أو الخدمة أو في تسويقها أو توزيعها؟ (الشركاء الذين أضع معهم عقد).
 - من هم الموردون الرئيسيين؟ (الذين يقدمون لنا: المواد الأولية + الآلات للإنتاج + برنامج لتقديم خدمة + ...)
- قم بكتابة قائمة الشركاء الرئيسيين لمشروعك بالتفصيل مع ذكر الاسم، الهاتف، العنوان... إلخ

1/5- الشركاء الرئيسيون الذين يمكن مساعدتنا:

هؤلاء يمكن أن يقدموا دعمًا تقنيًا، لوجستيًا، ماليًا، أو تسهيلات إداريًا:

1. البلديات والمجالس المحلية

- تسهيل عمليات جمع الزيوت من المنازل أو الأسواق.
- دعم التراخيص والموافقات البيئية.

2.

3. لوكالة الوطنية لتطوير الاستثمار (NESDA)

- الحصول على امتيازات ضريبية وتمويل مشاريع بيئية.

4. الوزارات المعنية:

- وزارة البيئة، وزارة الطاقة، وزارة الصناعة.

5. شركات النقل الكبرى

- كشركاء في استهلاك المنتج النهائي (البيوديزل) عبر عقود.

6. مطاعم وفنادق (لتوريد الزيوت المستعملة).

7. موردو المعدات الصناعية.

8. هيئات الطاقة أو البيئة.

9. مراكز أبحاث جامعية.

7- الأنشطة الرئيسية: Key-6 activities

ما هي أهم المراحل الرئيسية للإنتاج؟ (تذكر المراحل من اقتناء المواد الأولية إلى المنتج النهائي)
هل هناك أنشطة ثانوية؟ (تذكر الأنشطة الثانوية التي تدخل في منتجنا)

1/6- المراحل الرئيسية:

1. جمع الزيوت المستعملة

- تنظيم عمليات جمع الزيوت من المطاعم، الفنادق، المنازل، محلات القلي.
- توفير حاويات أو خزانات لتجميع الزيت

2. معالجة الزيوت وتحويلها إلى بيوديزل

- عمليات الفلترة لإزالة الشوائب.
- إجراء تفاعل الترانس إسترification لتحويل الزيوت إلى بيوديزل.
- معالجة الجلسرين (ناتج ثانوي) لاستخدامه أو بيعه.
- التحكم في الجودة وضمان مطابقة المواصفات

مراقبة وضمان الجودة

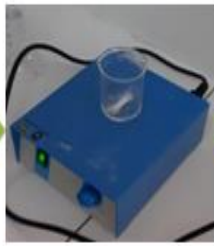
- فحص عينات من البيوديزل بانتظام.
- الالتزام بالمعايير الوطنية أو الدولية (مثل ASTM D 6751 أو EN 14214).

توزيع المنتج النهائي

- تعبئة وتخزين البيوديزل في خزانات مناسبة.
- توصيل البيوديزل إلى العملاء (شركات نقل، مزارع، محطات وقود).

تسويق وتطوير العلاقات

- حملات توعية لجذب الموردين والمستهلكين.
- التفاوض وإبرام العقود مع الشركات والمطاعم.
- بناء علاقات استراتيجية مع الشركاء (بلديات، جامعات، وزارات).
- البحث والتطوير لرفع كفاءة الإنتاج



préparation solution
(hydroxyde sodium +
méthanol).

montrant l'apparence de
deux phase :biodiesel en
haut et la glycérine en bas.

La Décantation

Lavage du biodiesel.

Test de flamme



2/6- الأنشطة الثانوية:

- بيع الغليسرين.
- تصنيع الصابون من الغليسرين.

Key Resources -7

8- الموارد الرئيسية:

نقوم بتحديد فقط الموارد دون ذكر التكلفة.

1/7- الموارد المادية:

المورد fournisseur	مصدر محلي أو أجنبي	الموارد Ressources
مورد ذاتي	محلي	المواد الأولية: الزيوت المستعمله ميتانول
مورد محلي	محلي	هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم
مورد محلي	محلي	الات الانشاء والتحويل التعبئة والتغليف وحدة إنتاج (مضخات، خزانات..)

2/7- الموارد البشرية:

الموارد البشرية هي مجال يهتم بإدارة العنصر البشري في المؤسسات والشركات. تشمل العديد من الوظائف والمسؤوليات التي تهدف إلى

العدد	صنف المورد البشري
02	مدير عام ومسؤول موارد بشرية
02	عمال مكونين
01	سائق الشاحنة

3/7- الموارد المالية:

المورد المالي	الاحتياج
الكهرباء والغاز والماء	130.000 دينار جزائري
كراء	إيجار المنشأ: 20.000 دينار جزائري شهريًا باحتساب المخزن
رواتب الموظفين الإداريين	20000 دينار جزائري شهريًا

9- هيكل التكاليف 8- Cost Structure

سجل العلامة التجارية: قدرها 30.000 دينار جزائري	تكاليف التعريف بالمنتج أو المؤسسة Frais d'établissement
20.000 دينار جزائري شهريًا باحتساب رسوم التوصيل حسب الموقع	تكاليف الحصول على العدادات (الماء- الكهرباء) Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-...)
-	تكاليف (التكوين- برامج الاعلام الالي المختصة) Logiciels, formations
-	Dépôt marque, brevet, modèle تكاليف براءة الاختراع والحماية الصناعية والتجارية
-	Droits d'entrée تكاليف الحصول على تكنولوجيا او ترخيص استعمالها
-	Achat fonds de commerce ou parts شراء الأصول التجارية أو الأسهم
20.000 دينار جزائري شهريًا	Droit au bail الحق في الإيجار
2.500 دينار جزائري شهريًا	Caution ou dépôt de garantie وديعة أو وديعة تأمين
1% من تكلفة المشروع	Frais de dossier رسوم إيداع الملفات
دينار جزائري 40.0000 مرة واحدة في بداية المشروع	Frais de notaire ou d'avocat تكاليف الموثق-المحامي-.....
-	Enseigne et éléments de communication تكاليف التعريف بالعلامة وتكاليف قنوات الاتصال
-	Achat immobilier شراء العقارات
25.000 دينار جزائري للمتر الربع	Travaux et aménagements الأعمال والتحسينات الاماكن
2.350.000 دينار جزائري	Matériel الألات- المركبات- الاجهزة
-	Matériel de bureau تجهيزات المكتب
-	Stock de matières et produits

	تكاليف التخزين
رأس المال الاستثماري الأولي: قدرها 1.000.000 دينار جزائري	Trésorerie de départ التدفق النقدي (الصندوق) الذي تحتاجه في بداية المشروع.

▪ 2/8- نفقاتك أو التكاليف الثابتة الخاصة بمشروعك

2.500 دينار جزائري شهريا	Assurances التأمينات
3.000 دينار جزائري شهريا	Téléphone, internet الهاتف والانترنت
-	Autres abonnements اشتراكات أخرى
5.000 دينار جزائري شهريا	Carburant, transports الوقود وتكاليف النقل
-	Frais de déplacement et hébergement تكاليف التنقل والمبيت
130.000 دينار جزائري شهريا	Eau, électricité, gaz فواتير الماء – الكهرباء- الغاز
-	Mutuelle التعاضدية الاجتماعية
20.000 دينار جزائري شهريا	Fournitures diverses لوازم متنوعة
20.000 دينار جزائري شهريا	Entretien matériel et vêtements صيانة المعدات والملابس
-	Nettoyage des locaux تنظيف المباني
10% من قيمة المشروع	Budget publicité et communication ميزانية الإعلان والاتصالات

▪ 3/8- رواتب الموظفين ومسؤولين الشركة

20.000 دينار جزائري	رواتب الموظفين Salaires employés
40.000 دينار جزائري	صافي أجور المسؤولين Rémunération nette dirigeant

-9 Revenue Streams

10- مصادر الإيرادات

1. مبيعات المنتجات: بيع البيو ديزل و الغليسيرين للمستهلكين من خلال محطات الوقود، الشركات والمزارع ، منصة إلكترونية (موقع أو تطبيق) ...
2. البيع بالجملة
3. التصدير: تصدير منتج البيو ديزل إلى الأسواق الخارجية نظرا لثمنه المرتفع في الأسواق الخارجية.
4. الاستثمار: جذب استثمارات من المستثمرين لتوسيع الإنتاج والتوزيع.
5. الشراكات: إقامة شراكات مع موردين وموزعين لتعزيز العمليات وزيادة المبيعات.

1/9- الإيرادات الاجمالية:

بالنسبة للبيو ديزل

البيان	القيمة
عدد الوحدات المنتجة	135.00L/Mois
سعر البيع	160 Da /L
سعر البيع × عدد الوحدات المنتجة = الإيرادات الاجمالية	2.160.000 Da

بالنسبة للغليسيرين

البيان	القيمة
عدد الوحدات المنتجة	1200 kg
سعر البيع	800 Da /kg
سعر البيع × عدد الوحدات المنتجة = الإيرادات الاجمالية	960.000Da

الإيرادات الكلية: 3.120.000 Da

2/9- مصادر الدخل:

- بيع الغليسيرين كمادة ثانوية للصناعات التجميلية أو الكيميائية.
- تقديم خدمات جمع الزيوت المستعملة مقابل عمولة.
- بيع التراخيص أو نماذج الإنتاج لمناطق أخرى.

3/9- النسبة المئوية للزيادة في حجم الأعمال بين كل شهر لسنة الأولى؟ ثم لسنة الثانية؟