

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ahmed Draïa Adrar



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Hydrocarbures et Energies Renouvelables

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en :

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

Thème :

Production du biodiesel : Modélisation et optimisation

Préparé par :

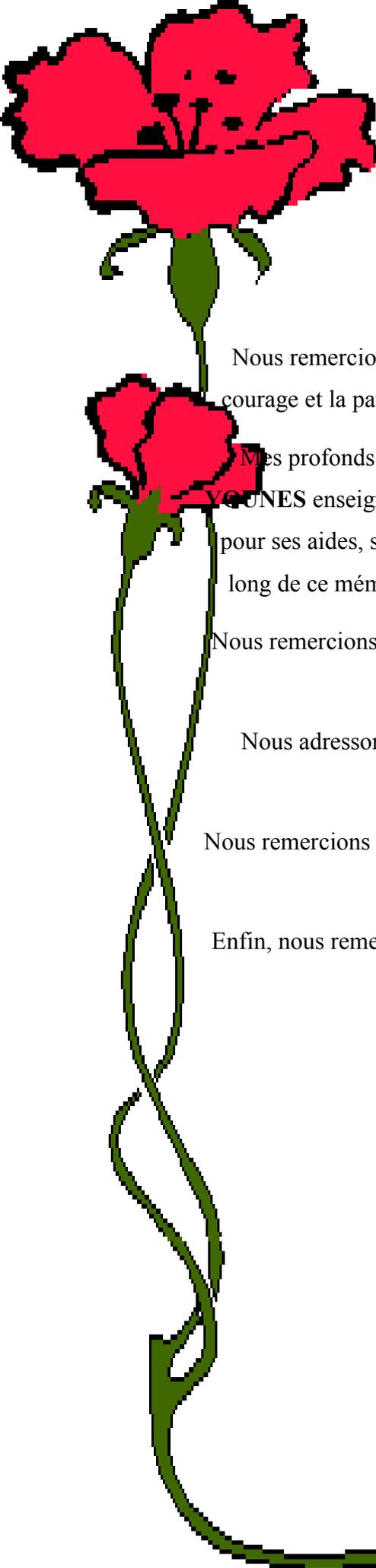
Mlle. DJERIFILI Ahlam

Mlle. GSASSI Abla

Membres de jury d'évaluation :

M.MOULAY ALI Ali	Président	MAA	Univ. Adrar
M.BAKACHE Younes	Encadreur	MAA	Univ. Adrar
Mlle. YAKOUBI Mimouna	Examineur	MAA	Univ. Adrar
M.ABDELAZIZ Nabil	Examineur	MAA	Univ. Adrar

Année Universitaire : 2019/2020



Remerciements

Nous remercions tout d'abord notre dieu ALLAH tout puissant pour la force, le courage et la patience qu'il nous à donner durant toutes ces années universitaires

Nos profonds remerciements s'adressent à notre encadreur **Mr BAKACHE. YOUNES** enseignant à l'université d'Adrar, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses aides, ses encouragements, ses précieux conseils, sa confiance...tout au long de ce mémoire, pour cela nous tenons à lui exprimer toute notre gratitude.

Nous remercions membres de jury **Pr. Moulay Ali Ali, Mlle.Yakoubi Mimouna, M.Abdelaziz Nabil**

Nous adressons nos plus vifs remerciements à **Dr Harouz. Abdelkader, Dr Khelifi.Omar, Djafari. Idris**

Nous remercions tous les enseignants du département des hydrocarbures et énergies renouvelables de l'université d'Adrar

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

Merci

Dédicaces

Je dédie :

A mes très chers parents

A mes frères et mes sœurs

A toute ma famille

Abla



Dédicaces

Je dédie :

A mes très chers parents

A mes frères et ma sœur

A toute ma famille

Ahlam

Summaries

Remerciements	I
Dédicaces.....	II
Liste de tableaux.....	VIII
liste de figures.....	IX
liste des abbreviations.....	XI
liste des abbreviations.....	XI
Introduction General.....	1

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIE

I.1. Définitions.....	5
I.2. classification des biocarburants :	5
I.2.1. biocarburants de première génération :	5
I.2.1.1. Filière de bioéthanol :	5
I.2.1.2 Filière de biodiesel :	6
I.2.2. Biocarburants de deuxième génération :	7
I.2.3. les biocarburants de 3 ^{ème} génération :	7
I.3. les avantages et les inconvénients des biocarburants :	9
I.4 Différents types de biocarburants	9

CHAPITRE II

BIBLIOGRAPHIQUE DES H.V

II.1. Les huiles végétales :	11
II.1.1. Définition :	11

II.1.2. Sources des huiles végétales :.....	12
II.1.3. Composition des huiles végétales :.....	13
II.1.4. Paramètres physico-chimique des huiles végétales :.....	14
II.1.4.1. Paramètres physiques :	14
II.1.4.2. Paramètres chimiques :	14
II.1.5. Procèdes d'extraction des huiles :	15
II.1.5.1. Extraction par presse mécanique :	15
II.1.5.2. Extraction par solvants :	15
II.1.6. Les différents types d'huiles végétales :	16
II.1.7. Les différentes utilisations des huiles végétales.....	16
II.1.8. Production et consommation mondiale des huiles végétales :	16
II.1.9. Les huiles végétales commercialisées en Algérie :	18
II.1.10. La composition chimique des huiles alimentaires fabriquées en Algérie est donnée dans le tableau suivant :	19
II.2. les huiles végétales usagées :.....	19
II.2.1. Définition :	19
II.2.2. les huiles de la friture :	19
II.2.3. valorisation des huiles alimentaires usagées :	20
II.2.4. Les huiles usagées en Algérie :.....	21
II.2.5. L'impact environnemental des huiles usées :.....	22
II.2.5.1. l'air	22
II.2.5.2. le sol.....	23
II.2.5.3. l'eau.....	23

CHAPITRE III

SYTHESE DU BIODIESEL

III. Production de biodiesel	25
III.1. Historique :	25
III.2. Considérations environnementales :	25
III.3. Le biodiesel comme une définition :	26
III.4. Les bio-sources de biodiesel :	27
III.5. Les caractéristiques du biodiesel :	27
III.6. Les méthodes de fabrications du biodiésel l à partir de l’huile végétale :	29
III.7. Production le biodiesel par transestérificaton :	30
III.7.1. La réaction de transestérification :	30
II.7.1.1. Historique de la réaction :	30
III.7.1.2. La transestérification :	30
II.7.1.3. Le mécanisme de La réaction de transestérification :	31
III.7.1.4. Le mécanisme de La réaction de transestérification en cas d'une catalyse basique :	31
III.7.1.5. But de la réaction de transestérificaton :	32
III.7.1.6. Etude de l'effet des paramètres réactionnels sur la réaction de transestérificaton :	32
III.2. Le biodiesel dans l'industrie :	32
III.2.1. Principe de production industrielle du biodiesel :	32
III.2.1.1. Procédé continu :	32
III.2.1.2. Procédé discontinu :	33

III.2.2. Les applications de biodiesel :	34
III.2.3. Les avantages et les inconvénients du biodiesel :	34

CHAPITRE IV

RESULTA

IV. Introduction :	38
IV .1.Matériels et méthode :	38
IV 1.1. les materiels :	38
IV.1.2. Méthode opératoire:	38
IV.1.2.1Filtration d'huile usagée:	38
IV.1.2.2.Transestérification:	37
IV.1.2.2.1. préparation de la solution de soude +méthanol	38
IV.1.2.2.3.Chauffage:	38
IV.1.2.2.4.Décantation et lavage:	38
IV.2. Résultat :	40
IV.2.1. Densité:	40
Conclusion général	43
Références	45
résume	

Liste de tableaux

Tableau 1.1. Les principaux avantages et inconvénients des biocarburants	9
Tableau II.1. La composition chimique des huiles alimentaires fabriquées en Algérie	19
Tableau IV.1. Les matériels et les produits.....	38
Tableau IV.2 .Variation de densité	40

Liste des figures

Fig.1.1 : schéma explicatif de transformation des biocarburants de première génération	6
FigI.2 : biocarburants de deuxième génération tirés de déchets de l'agriculture et de l'exploitation forestière	7
Fig I.3 : procédé de biocarburants à partir des micro-algues lipidique.....	8
FigI.4 : schéma récapitulatif des trois générations des biocarburants	8
Fig. II.1 : Constituants des huiles végétales	12
Fig. II.2 : Composition panoramique des corps gras et importance relative des.....	13
Principales classes de composés	13
Fig.II.3 : Production et consommation mondiales des huiles végétales	17
Fig.II.4. consommation mondiale par type d'huiles végétales en 2018	17
Fig.II.4 : Différentes huiles commercialisées en Algérie	18
Fig.II.5 : Cycle des huiles végétales	21
Fig.II.6 : L'huile usée en Algérie	22
FigIII.1 : Pourcentage de réduction de l'émission de polluants du diesel (B100) et le mélange de 20% du Biodiesel avec 80% de diesel	26
Figure III.2 : Réaction de transestérification	30
FigIII.3 : La réaction de transestérification se fait en 03 étapes successives :	31
FigIII.4 : Mécanisme de transestérification en cas d'une catalyse basique	31
FigIII.5 : schéma de principe d'un procédé continu de production d'EMHV	33
FigIII.6 : schéma de principe d'un procédé en discontinu	34
Fig IV.2:préparation de la solution de KOH+méthanol.....	39

Figure IV. 3 :chauffage	39
Figure IV .4 :décantation.....	40
Figure IV.5.: Huile usagée d : 0,9164.....	41
Figure IV.6: Biodiesel d : 0,8807.....	41

Liste des abréviations

ASTM: American Society for Testing and Materials

EMHV : Ester Méthylique d'Huile Végétale

ETBE : Ethyle-Tertio-Butyl-Ether

HV : Huile Végétales

IA : Indice d'Acide

II : Indice d'Iode

IS : Indice d'Saponification

Biodiesel : Biocarburant obtenu par estérification de l'huile végétale

Bioéthanol : Ethanol obtenu à partir de la biomasse

CEA : commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

IEP : Institut Français du pétrole

FAO : Food and Agriculture Organisation

INTRODUCTION

GENERAL

Introduction Général :

Dans notre monde, et avec le développement continu de l'industrie et des transports, la demande en énergie est en accroissement 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. Étant 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 tels que les algues et les cyanobactéries par une réaction chimique appelée transestérification avec des alcools à chaîne courte. Étant donné que les huiles végétales sont actuellement la principale source de matières premières dans la production commerciale de biodiesel. **(Lang X, et al, 2001)**

Les huiles végétales jouent un rôle important dans notre alimentation quotidienne. Nous les consommons sous forme vierge, raffinée ou bien incluse dans de nombreux produits agroalimentaires. Durant cette dernière décennie, la demande et la consommation ne cessent d'augmenter sur le marché national et international en raison de la croissance démographique. **(Gomay, 2006)**

La production de biodiesel augmente afin de réduire la dépendance à l'égard du bio diesel 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 ce mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master servira d'information pour les chercheurs et les fabricants de biodiesel. Plus de détails sur comment produire à partir de la matière première, cette étude entre dans le cadre de la production de biodiesel à partir d'huile de friture usagée deux fois.

Dans le cadre de ce travail, nous commençons le présent manuscrit, par décrire brièvement la méthodologie du plan de ce mémoire. Ce dernier est consisté de quatre chapitres, le premier et le deuxième et les troisièmes chapitres sont des synthèses bibliographiques. Nous présentons des généralités qui concernent les biocarburants, les huiles végétales et usagées et le biodiesel. Tandis que le dernier chapitre regroupe les calculs obtenus.

Partie Expérimental

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Définitions

Le terme biocarburants désigne les carburants liquides ou gazeux pour le secteur des transports qui sont principalement produits à partir de la biomasse. **(Ayhan Demirabs, 2008)**

" **La biomasse** " : ce terme fait référence aux ressources non fossilisées et matière organique biodégradable provenant de plantes, d'animaux et de micro-organiques dérivés de sources biologiques. La biomasse comprend les produits, les sous- produits, résidus et déchets de l'agriculture, de la sylviculture et des solides industriels et déchet municipaux. Le terme biomasse désigne le bois, les cultures ligneuses à rotation rapide, les herbacées à courte rotation, déchets de bois, bagasse, résidus industriels, les déchets de papier, les déchets solides municipaux, la sciure de bois, les bio solides, l'herbe, les déchets de la transformation des aliments, les plants aquatiques et les déchets d'animaux provenant d'algues, et une foule d'autres, et une foule d'autres matériaux. **(Ayhan Demibras, 2010)**

I.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 (incorporation sous forme d'éthanol ou d'ETBE2 lui-même produit à partir d'éthanol), 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. **(Rapport sur l'industrie des énergies décarbonnées. 2010)**

I.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. **(Abada Sabah, 2017)**

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

I.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. (Abada Sabah, 2017)

I.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 transesterification 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 transesterification. 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. (Abada Sabah, 2017)

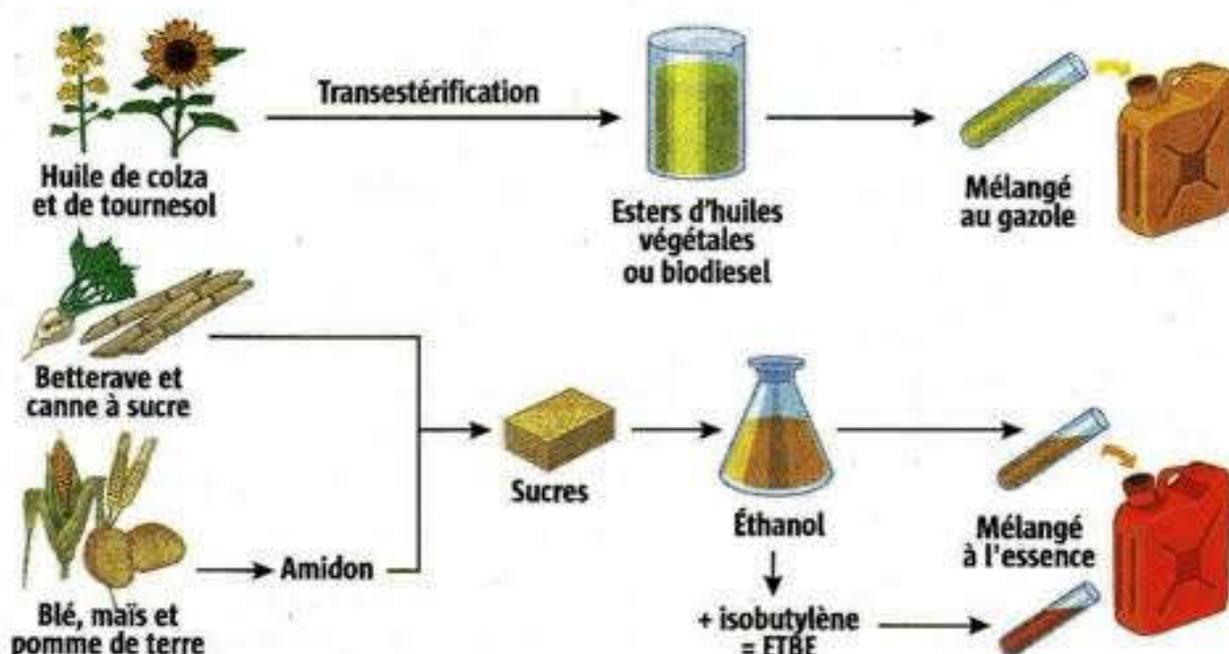
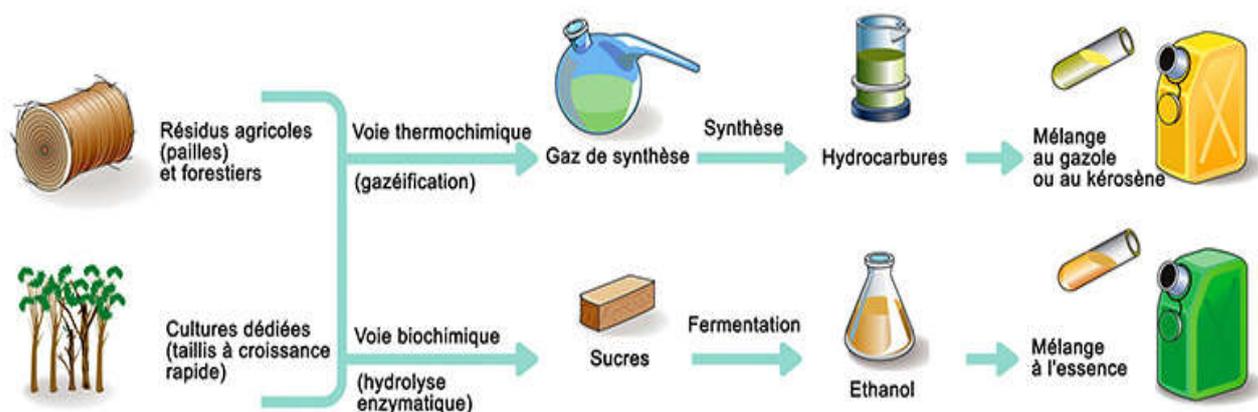


Fig.I.1 : schéma explicatif de transformation des biocarburants de première génération.
(D'après IPF d'énergies renouvelables)

I.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. **(Politique agricole de la CMA/AOC (LEPAC). 2007)**

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. **(Ballerini et Alazard-Toux, 2006)**



FigI.2 : biocarburants de deuxième génération tirés de déchets de l'agriculture et de l'exploitation forestière (Doudou, 2007)

I.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 supérieur aux espèces oléagineuses (notamment car le taux de photosynthèse est plus

important). Les biocarburants de 3^{ème} génération sont un enjeu énergétique important. (Dubreuil, 2008)

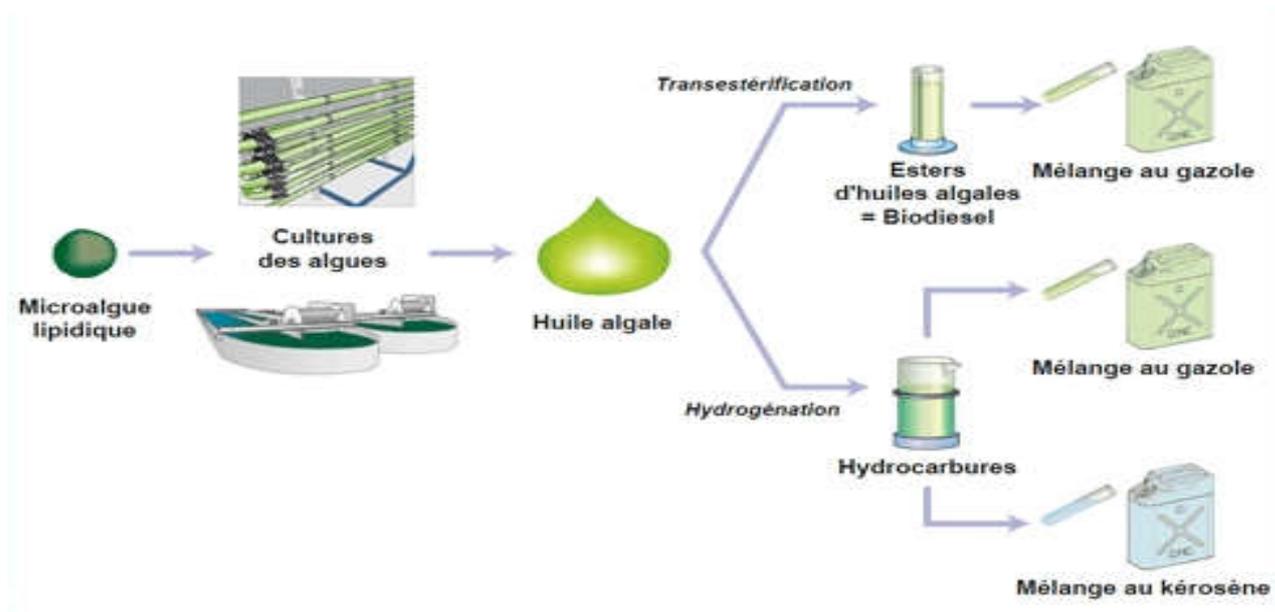


Fig.I.3 : procédé de biocarburants à partir des micro-algues lipidique

Source : Institut Français de Pétrole (2011)

La figure n°4 présente un schéma récapitulatif de la classification et de la matière première utilisée pour la fabrication de biocarburants

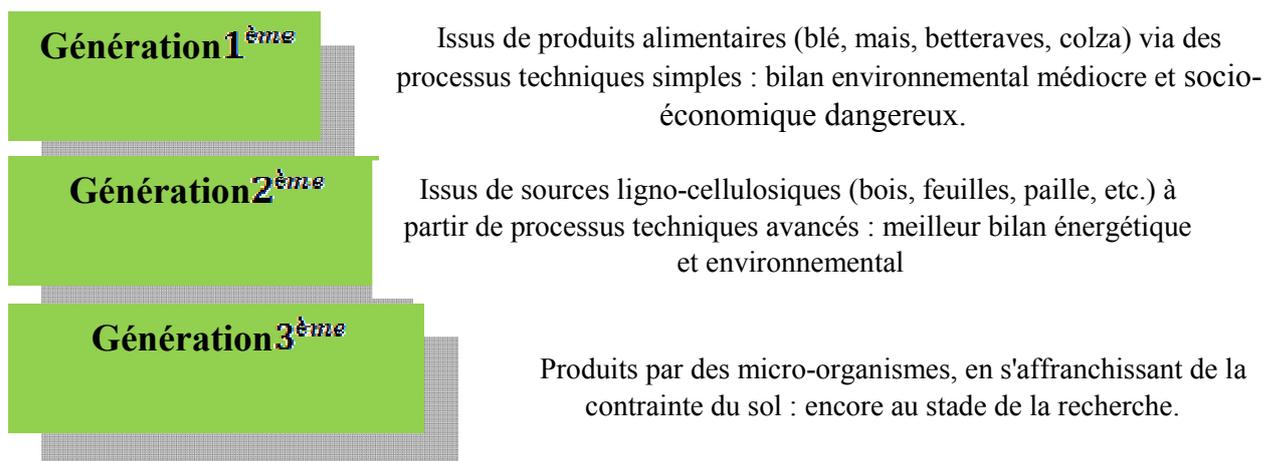


Fig.I.4 : schéma récapitulatif des trois générations des biocarburants

Source : CEA (2010)

I.3. Les avantages et les inconvénients des biocarburants :

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

Les avantages	Les inconvénients
<ol style="list-style-type: none"> 1. ressources renouvelables. 2. Limitent les émissions de gaz à effet de serre (GES) et les consommations d'énergie non renouvelable. 3. Emettent moins de polluants tels que le soufre (à l'origine des pluies acides), les suites, les particules fines. 4. Permettent de diversifier les sources de production d'énergie et réduire la dépendance à l'or noir et de valoriser des ressources domestiques. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'augmentation de la demande en biocarburants a eu pour conséquence le renchérissement des cours mondiaux des céréales et des oléagineux. 2. Ils sont gourmands en énergie, coûteux à cultiver à collecter et à transformer. 3. Ils instaurent une concurrence redoutable entre cultures énergétiques et cultures alimentaires. 4. Le développement des biocarburants issus de cultures énergétiques peuvent être une menace pour les écosystèmes et les puits.

Tableau 1.1. Les principaux avantages et inconvénients des biocarburants (touati, 2013)

I.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-éter), bio-MTEBE (bio-méthyl-tertio-butyl-éter), 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-éter ou ETBE) et l'ester méthylique d'huile végétale (EMHV) ou biodiesel. **(colonna, 2006)**

CHAPITRE II

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES H.V

II.1. Les huiles végétales :

II.1.1. Définition :

Les huiles végétales sont des denrées alimentaires (**FINE & al. 2013 ; FAO, 1999**) qui se composent essentiellement de glycérides d'acides gras exclusivement d'origine végétale (**FAO, 1999**). Ils constituent les principales matières premières bio sources pour le développement d'une nouvelle industrie chimique (**BOYER, 2010**) très riches en vitamines, et notamment en vitamines A, D, E et K (**GHISLENGHIEN ; LEFEBVRE**). Les substances à partir desquelles sont produites les huiles sont soit des graines ou des amandes soit des fruits. En fait, toutes les graines, tous les fruits et toutes les amandes contiennent de l'huile, mais seuls sont appelés oléagineux ceux qui servent à produire industriellement de l'huile et qui sont cultivés dans ce but (**VAITILINGOM, 2009**). Une huile végétale est extraite de la plante par pression à froid à partir de deux organes principaux, les graines et les fruits. Les plantes riches en huile sont appelées des oléagineux ou plante oléagineuses. (**RAKOTORIMANA, SR, 2010**) Les huiles végétales sont habituellement subdivisées en deux classes principales :

- **Huiles végétales fluides** : huile d'arachide, de colza, de germe de maïs, de tournesol, de soja et d'olive
- **Huiles végétales concrètes (graisse)** : coprah (provenant de la noix de coco), huile de palme. (**UZZAN A, 1992**).

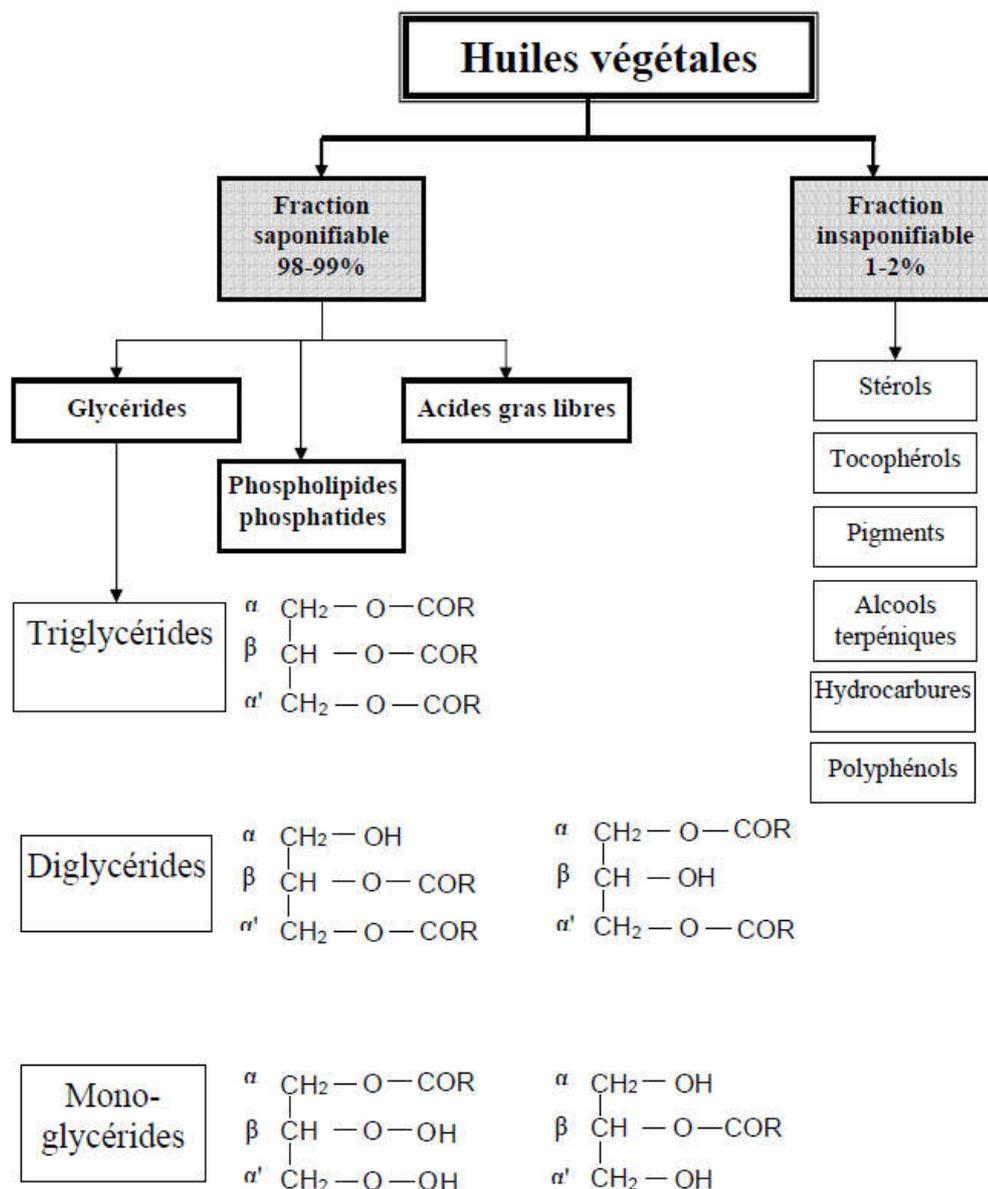


Fig. II.1 : Constituants des huiles végétales. (JAHOUACH W, 2002)

II.1.2. Sources des huiles végétales :

En principe, toute source de corps gras peut être utilisée pour préparer du biodiesel. Cependant, certaines sources sont privilégiées plus que d'autres selon les pays.

Ainsi, aux Etats –Unis, les fabricants utilisent l'huile de soja .Ils sont les plus grands producteurs de l'huile de soja devant le Brésil .les brésiliens quant à eux, utilisent différentes sources d'huile en raison de la biodiversité du pays. Par exemple dans le nord du pays c'est surtout l'huile de palme et de soja alors que le centre-principalement l'huile de colza (**Pinto. A.C, 2005**)

II.1.3. Composition des huiles végétales :

Compositions en acides gras et autres nutriments un corps gras (huile ou graisse) est composé d'une grande variété de constituants que **Fig. II.2** présente de façon panoramique ; les triglycérides **Fig. II.2** sont très largement majoritaires (95-99 %) : ils sont composés de glycérol (3-5 %) et d'acides gras (90-95 %). D'autres constituants sont naturellement présents en plus faible quantité : des lipides à caractère polaire tels que les phospholipides (0,1-0,2 %) et des composés dits insaponifiables appartenant à une fraction non glycéridique (0,1 à 3 %) principalement, représentés par les stérols et les tocophérols tocotriénols mais contenant également des caroténoïdes, des alcools terpéniques, du scalène, des composés phénoliques. (Morin, 2012).

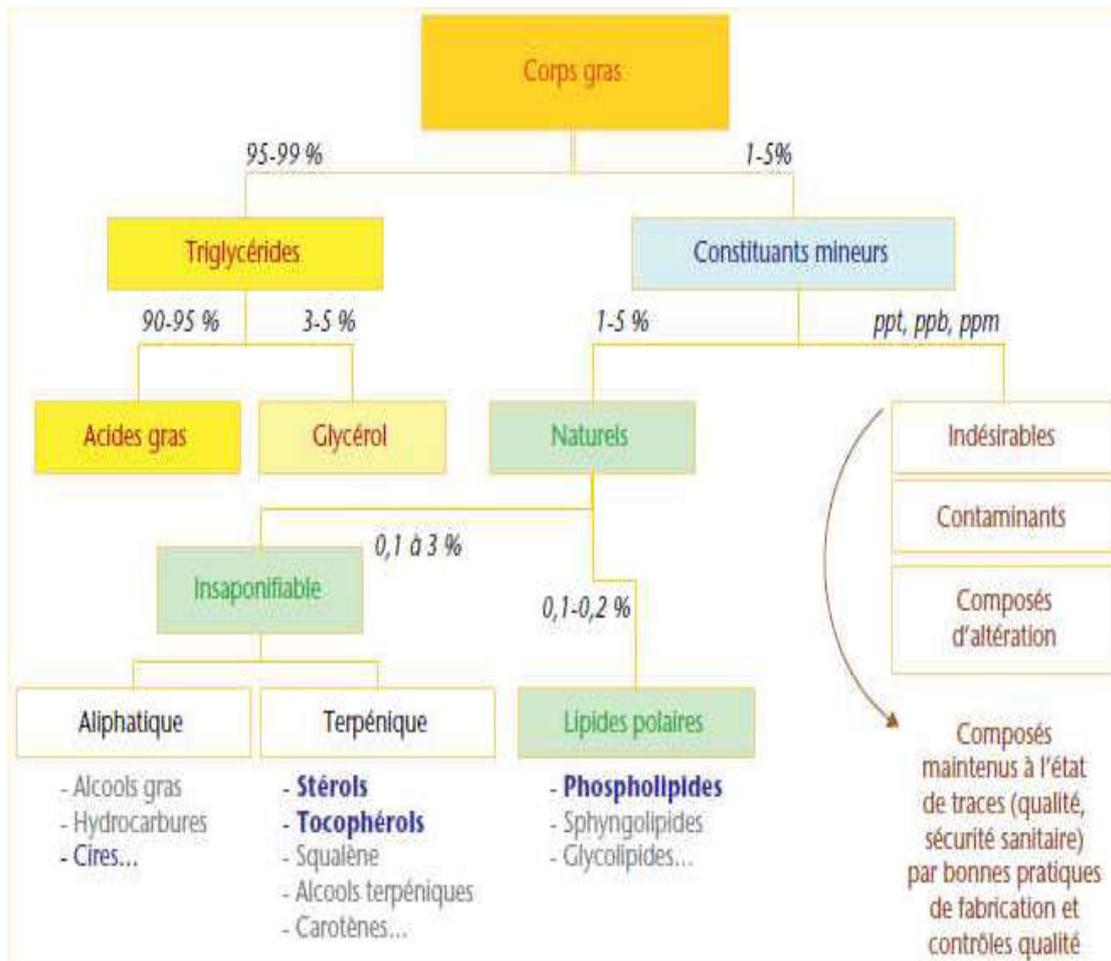


Fig. II.2 : Composition panoramique des corps gras et importance relative des Principales classes de composés. (MORIN, 2012)

II.1.4. Paramètres physico-chimique des huiles végétales :

II.1.4.1. Paramètres physiques :

✓ La densité :

La densité est le rapport de masse d'un certain volume d'huile par la masse du même volume d'eau distillée .Elle doit être toujours inférieure à 1. (**FORMO M.W, 1979**).

La solubilité Tous les acides gras dont le nombre de carbone est supérieur à 8 sont insolubles dans l'eau et généralement solubles dans les solvants organiques tels que l'éther, le chloroforme et le benzène (**FRENOT, 2001**).

✓ La viscosité :

Elle dépend en grande partie de la nature du fluide et de sa température. Les huiles végétales et le gazole se comportent tous comme des fluides Newtoniens. Leur viscosité en fonction de la température évolue suivant une loi de type puissance (**VAITILINGOM G, 2009**).

✓ Masse volumique :

La masse volumique des huiles végétales est supérieure à celle du gazole (environ 10%). Mais cela n'a que peu d'effet sur le comportement du moteur ou du brûleur. Toutefois, le réglage du débit de carburant devra s'effectuer en prenant en compte cette différence de masse volumique et le fait de sa variation avec la température (**PRYDE E.H., 1982**).

II.1.4.2. Paramètres chimiques :

✓ L'indice d'iode II :

Dans toute l'analyse des graisses, c'est l'indice d'iode qui représente la constante la plus utile, exprime le degré d'insaturation d'un corps gras (**ZOVI, 2009**), permet de porter un premier jugement sur l'aptitude à la combustion de l'huile : plus l'indice est élevé, plus la combustion peut poser des problèmes (**HAMIA, 2007**).

Cet indice mesure globalement le degré d'insaturation d'une matière grasse en déterminant le nombre de grammes d'iode se fixant sur les doubles liaisons présentes dans 100g de lipides. Les matières grasses animales très saturées, ont des indices d'iode de l'ordre de 45, dans les huiles végétales, cette valeur atteint 150 (**Lion, 1955**).

✓ L'indice d'acide (IA) :

L'indice d'acide d'un corps gras est la quantité de potasse exprimée en milligramme nécessaire pour neutraliser les acides gras libres contenus dans un gramme de corps gras (HAMIA, 2007).



C'est un dosage qui nous permet de connaître le degré d'altération de l'huile et d'estimer le taux d'acides gras libres dans l'huile exprimé en acide oléique.

✓ Indice de saponification (IS) :

L'indice de saponification correspond au nombre de milligrammes de potasse nécessaires pour saponifier les acides gras contenus dans un gramme de matière grasse. Cette valeur est d'autant plus élevée que les acides gras sont de faible poids moléculaire (Lion, 1955).

II.1.5. Procèdes d'extraction des huiles :

Les méthodes les plus utilisées pour l'obtention de l'huile sont :

II.1.5.1. Extraction par presse mécanique :

Toutes les presses sont équipées d'une vis, mais selon la cage de presse et la forme de la vis. On distingue : (Apria, 1969)

- Les presses à barreaux
- Les presses à vis.

II.1.5.2. Extraction par solvants :

Ce type d'extraction fait appel à des solvants organiques apolaires. Le solvant le plus utilisé est l'hexane (une essence issue du pétrole). (SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN, 2010) L'hexane est soit disant éliminé de l'huile (voir plus loin) mais en réalité, il en reste une quantité non négligeable dans l'huile que nous consommons. Cette méthode est la plus utilisée pour l'extraction des huiles végétales car elle permet de retirer plus d'huile que la méthode "pression" (BIOBELLE, 2019). L'extraction des huiles par cette technique utilise un solvant organique (comme l'hexane) chauffé à 50-60°C puis s'effectue par percolation à contrecourant du solvant pendant 4 à 5 heures (SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN, 2010 ; BENTHEAUD, 2011 ; ISO 9001 ; ISO 734-1, 1998).

II.1.6. Les différents types d'huiles végétales :

Les huiles végétales son multiples de leurs origines est d'une façon général on trouve par ordre d'importance : soja, palme, colza, tournesol, cotonnier et arachide sont les plus disponibles par contres, olives, carthame, coprah, coprah, amande, lin, maïs, courge, ricin, pistache, arganier, sésame, sont des espèces de moindre importance et sont des huiles de terroirs. **(Cherfaoui, 2011)**

II.1.7. Les différentes utilisations des huiles végétales

Les huiles végétales peuvent être de multiples usages : alimentaires, cosmétiques, pharmaceutiques et énergétique. **(Girad et Blin, 2011)**

Exemple

1. l'alimentation (friture et assaisonnement)
2. cosmétique (savon et détergent)
3. pharmaceutique (produit de beauté et de crème)
4. énergétique (production d'électricité et biocarburant)

II.1.8. Production et consommation mondiale des huiles végétales :

La production mondiale des huiles végétales a été de 172 millions de tonnes en 2013 avec une croissance de 30% d'ici à 2020. Cette croissance proviendra des pays asiatique (en l'occurrence Malaisie, Indonésie et la chine), l'argentine, l'union européenne, le brésil, le canada, la Fédération de Russie et l'Ukraine.

La plupart des huiles végétales consommées sont composées d'acides gras non saturés, c'est-à-dire riches en acides gras mono-insaturés (huile d'olive, huile de canola ou de colza, huile d'arachide) ou polyinsaturés (huile de tournesol, huile de soya, huile maïs). Toutefois, certaines huiles végétales sont riches en gras saturés, en particulier l'huile de coco (91% de gras saturés), l'huile de palmiste (86%) et l'huile de palme (51%). Notamment, l'offre des huiles végétales s'est ajustée régulièrement à la demande, qui était à l'origine conditionnée par les préoccupations en matière de santé. Plus récemment, l'utilisation des huiles végétales dans la fabrication de biocarburants s'est greffée à la demande. **(Julius Olatounde.2020)**

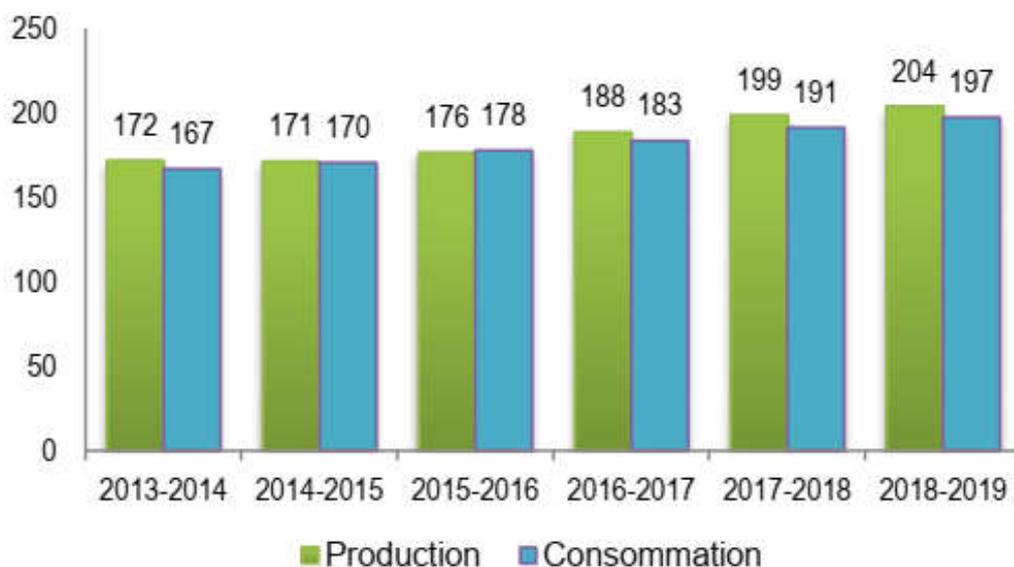


Fig.II.3 : Production et consommation mondiales des huiles végétales (Millions de Tonne). (Julius Olatoude, 2020)

En 2018, les quatre huiles végétales qui ont dominé le marché mondiales (tant au chapitre des quantités produites que des quantités de consommées et utilisées) étaient l'huile de palme, huile de soya, huiles de tournesol, huile de canola ou de colza. Ensemble les huiles de palme et de soya ont formé un peu moins de 64% de la production globale. L'huile de colza ou de canola 14%, occupait la troisième place, suivie de l'huile de tournesol 10%.

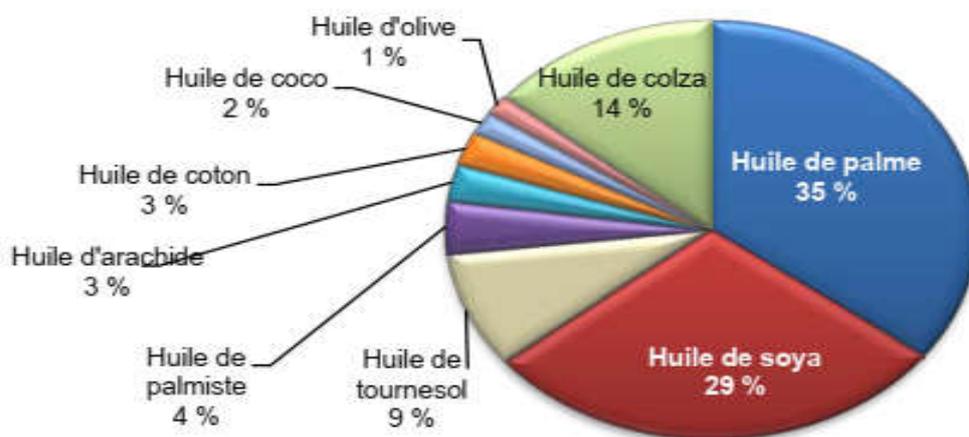


Fig.II.4. consommation mondiale par type d'huiles végétales en 2018. (Julius Olatoude.2020)

En 2018, les premiers pays consommateur et utilisateurs étaient la chine (19%), les pays de l'Union européenne (14%), l'Inde (12%) et les Etats-Unis (8%). Ce classement reflète l'importance que revêtent le poids démographique et le niveau de développement industriel parmi les facteurs déterminant la consommation et l'utilisation des huiles végétales. Bien que certains de ces pays comptent aussi parmi les principaux producteurs, le volume de leur

production demeure en deçà de leur besoins nationaux. Producteurs, le volume de leurs besoins nationaux. Dans ce contexte, les exportations internationales accaparent végétales, soit environ 44% en 2018. (Julius Olatounde.2020)

II.1.9. Les huiles végétales commercialisées en Algérie :

Il existe sur le marché algérien différents marques d'huiles végétales alimentaires, qu'elles pures (huile de soja et tournesol) ou mélangées, celles-ci sont utilisées pour l'assaisonnement, la cuisson ou la friture. (Commerce république algérienne démocratique et populaire, 2012)



Fig.II.4 : Différentes huiles commercialisées en Algérie (commerce république algérienne démocratique et populaire, 2012)

II.1.10. La composition chimique des huiles alimentaires fabriquées en Algérie est donnée dans le tableau suivant :

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

**Tableau II.1. La composition chimique des huiles alimentaires fabriquées en Algérie
Délégation régionale Franche-Comté, 2007**

II.2. les huiles végétales usagées :

II.2.1. Définition :

Les huiles usagées toutes huiles minérales et synthétiques, lubrifiants ou industrielles, qui sont devenues impropres à l'usage auquel elles étaient initialement destinées, telles que les huiles usagées des moteurs à combustion et des systèmes de transmission. **(Diakite, 2015)**

Les huiles alimentaires usagées sont les huiles de cuisson ou de friture. Elles sont des résidus de matières grasses, principalement d'origines végétales, provenant des opérations de friture et destinées à l'alimentation humaine (industrie agro-alimentaire), ou provenant de la restauration commerciale et collective. Les huiles alimentaires usagées sont composées de matières grasses, souvent figées à température ambiante, contaminées par de l'eau et des impuretés de toute nature (papiers chiffons, résidus de viande...). **(Diakite, 2015)**

II.2.2. les huiles de la friture :

On entend par huiles alimentaires usagées, les résidus de matières grasses, majoritairement d'origine végétale, utilisées lors de opérations de friture destinées à l'alimentation humaine, en industrie agroalimentaire et en restauration commerciale et collective, mais également par les particuliers. Plusieurs facteurs influencent le vieillissement

d'huile, ce qui rend difficile de déterminer le moment précis pour changer l'huile. Une huile usée est d'apparence foncée, épaisse ou visqueuse, peut contenir des dépôts et peut avoir une saveur âcre. (Rossell, 2001)

II.2.3. valorisation des huiles alimentaires usagées :

Les huiles de fritures utilisées comme matière première dans les processus de cuisson des restaurants, cantines, friteries, industries alimentaires. Les huiles de friture usagées que nous collectons sont valorisées par recyclage à partir d'un traitement de ces déchets gras. Les huiles alimentaires usagées collectées sont régénérées et transformées en matières premières destinées à la production de plusieurs produits.

La logistique de collecte des huiles végétales usées varie en fonction des sociétés qui génèrent ces produits. En effet, la plus grande partie de ces huiles provient des centres de restauration. Cependant que la qualité des huiles usées varie en fonction du type de centre dont elles sont issues.

Au niveau de la logistique, le processus de collecte est divisé en deux étapes :

- Collecte et stockage par les centres qui ont utilisé l'huile végétale pour leur activité.
- Collecte et transport de ces huiles jusqu'aux entreprises responsables du traitement.

En règle générale, les huiles alimentaires usées sont entreposées dans des récipients métalliques ou en plastique munis de couvercles (des fûts d'huiles propres et désinfectés), afin d'éviter toute pollution due à d'autres particules ou composés. (Synergie santé Environnement, 2019)

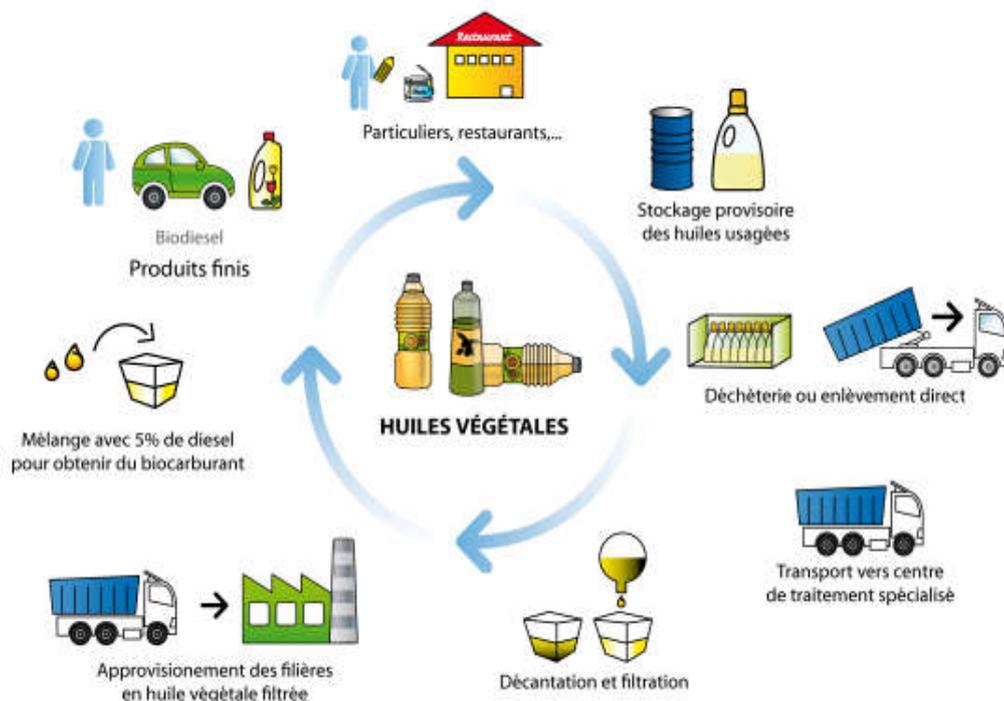


Fig.II.5 : Cycle des huiles végétales. (Synergie santé Environnement, 2019)

II.2.4. Les huiles usagées en Algérie :

On distingue deux types d'huiles usagées :

- Les huiles noires qui comprennent les huiles motrices (essence et gasoil) et les huiles industrielles (huiles de trempe, de laminage, de tréfilage)
- Les huiles claires provenant des transformateurs, des circuits hydrauliques et des turbines

Au plan national, le marché est de l'ordre de 150.000 tonnes par an, se répartissant comme suit :

- ✓ Huiles moteurs 75%,
- ✓ Huiles industrielles (ateliers, entreprises industrielles) 19%
- ✓ Graisses et paraffines 3%
- ✓ Huiles aviation et marine 3%
- ❖ Plusieurs activités sont susceptibles de produire des huiles usagées. On peut citer notamment :
 - ✓ Les garages, concessionnaires, stations de vidange, stations-service
 - ✓ Les transports (routiers, fluviaux, aériens, ferroviaires)
 - ✓ Les usines, ateliers, entreprises industrielles

- ✓ Les entreprises traitant des déchets contenant des huiles usagées (cas de la démolition automobile, du traitement de filtres à huiles, d'emballages souillés par des huiles,...)

Les huiles usagées ne sont pas biodégradables, elles sont classées dans la catégorie des déchets spéciaux dangereux. Leur rejet dans la nature est strictement interdit. Elles peuvent engendrer une détérioration importante du milieu naturel, qui peut être traduit par une pollution de l'eau, du sol et de l'atmosphère : Un (01) litre d'huile usagée peut contaminer 1 million de litres d'eau.

Particulièrement, les huiles de vidange contiennent de nombreux éléments toxiques tels que les métaux lourds (plomb, cadmium...). **(Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'environnement, 2010)**



FigII.6 : L'huile usée en Algérie. (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'environnement, 2010)

II.2.5. L'impact environnemental des huiles usées :

II.2.5.1. l'air

Les huiles de friture usagées n'ont pas beaucoup d'influence sur l'air sauf lorsque ces huiles sont mélangées ou jetées avec les déchets ménagers et incinérées à l'air libre, ce qu'il peut engendrer des rejets atmosphériques polluants. **(Site : amélioré ta sante.com)**

II.2.5.2. le sol

Lorsque elles sont déversées dans la nature elles influencent le sol en modifiant sa composition chimique ce qui peut rendre ce sol non fertile à long terme. (Site : **amélioré ta sante.com**)

II.2.5.3. l'eau

L'huile est nature nuisible et provoque :

- L'huile est moins dense par rapport à l'eau dont elle va flotter et rester à la surface en formant une sorte de couche ou pellicule imperméable l'oxygène de pénétrer, asphyxier alors la flore et la faune aquatique.
- Une partie de cette huile adhère aux branchies est à la peau des poissons ce qui perturbe leur mode de vie. (Site : **amélioré ta sante.com**)

CHAPITRE III

SYTHESE DU BIODIESEL

III. Production de biodiesel

III.1. Historique :

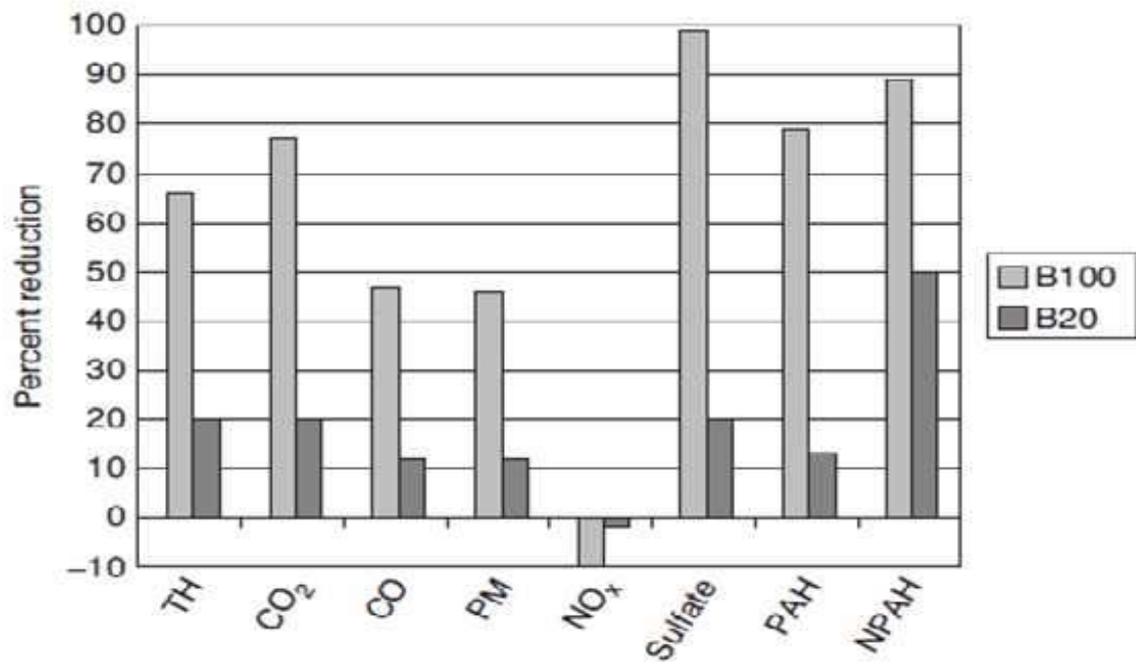
Lors de l'exposition universelle de Paris en 1900, l'un des cinq moteurs diesel exposés fonctionnait à base d'huile d'arachide (**Knothe, 2005**), et ce fut la première utilisation avérée d'une huile végétale en guise de gazole. Le gouvernement français de l'époque s'intéressait d'ores et déjà à une source d'énergie locale pour ses colonies africaines, comme l'affirmait Rudolf Diesel (1858 – 1913), l'inventeur du moteur qui porte son nom, dans certains de ses écrits. L'idée répandue selon laquelle Diesel avait inventé « son » moteur spécialement pour l'utilisation des huiles végétales en guise de carburant est donc fautive. L'objectif principal de Diesel était de développer un moteur plus efficace, tel qu'il l'avait annoncé dans le premier chapitre de son livre de 1913, intitulé *Die Entstehung des Diesel Motors* (Emergence du moteur Diesel). En revanche, Diesel a mené des expériences ultérieures en utilisant les huiles végétales en guise de carburant (**Ching et al, 2008**).

De nos jours, avec un objectif environnemental, ces huiles reviennent à gagner de l'importance principalement sous forme de biodiesel (**Knothe et Razione, 2017**). Le terme biodiesel était probablement utilisé d'abord vers 1984. La production commerciale de biodiesel a commencé au début des années 90 et la première norme pour le biodiesel a été publiée en 2001, l'ASTM D6751. (**Meisam Tabatabaei, 2019**)

III.2. Considérations environnementales :

Ce qui rend le biodiesel intéressant, c'est sa réduction éventuelle, jusqu'à 80%, des Gaz à Effet de Serre (GES) émis durant la phase production /traitement de son cycle de vie en comparaison avec les émissions produites par le pétro-diesel.

Egalement, on signale que les émissions provenant de combustion du biodiesel sont moins dangereuses pour la santé humaine. On constate une baisse qui atteint jusqu'à 100% d'anhydride sulfureux (dioxyde de soufre), 48% de monoxyde de carbone, 47% de matières particulaires, 67% des hydrocarbures imbrulés et jusqu'à 90% mutagénicité. (**Dunn, 2003**)



FigIII.1 : Pourcentage de réduction de l'émission de polluants du diesel et le mélange de 20% du Biodiesel avec 80% de diesel (B20) (Mittelbach, 2006)

[TH : hydrocarbures totaux, CO₂ : gaz carbonique, CO : monoxyde de carbone, PM : matières particulaires, NO_x : oxydes d'azote, PAH : hydrocarbures polycycliques, NPAH : nitrates d'hydrocarbures polycycliques].

On pourrait dire que la réduction du dioxyde de carbone à 78% revêt une importance majeure, puisqu'il est le principal gaz à effet de serre dans les modèles climatiques. Il a été démontré que le biodiesel possède une plus haute biodégradabilité par rapport au carburant diesel à basse teneur en soufre. Ils ont aussi prouvé que l'ajout du biodiesel au carburant diesel favorise de la biodégradabilité de ces carburants, et rend ce mélange plus attrayant pour l'environnement. (Mitteblach, 2006)

III.3. Le biodiesel comme une définition :

Le biodiesel est un biocarburant liquide alternatif au carburant diesel à base de pétrole classique (pétro-diesel). Pour l'environnement (MOSER, 2009), obtenu par des procédés chimiques à partir d'huiles végétales ou de graisses animales et un alcool qui peut être utilisé dans les moteurs diesel, seul ou en mélange avec du carburant diesel (KATZ, 2012). C'est un combustible renouvelable produit à partir des huiles végétales ou de graisses animales par une réaction de **transestérification** des triglycérides contenus dans ces matières grasses, généralement avec un alcool léger (méthanol, éthanol). Il est biodégradable et permet de diminuer les émissions à effet de serre et de matières toxiques. (Meher, 2006)

III.4. Les bio-sources de biodiesel :

De nombreuses ressources peuvent être utilisées comme matière première pour la production de biodiesel. Ces ressources proviennent principalement des plantes en particulier et des animaux en général. Selon la disponibilité et la production, la matière première pour le biodiesel peut être classée en trois catégories principale : plantes oléagineuses, graisses animales et huile de cuisson recycle. (**Mushtaquet al, 2013**)

Les huiles végétales sont des matières premières prometteuses pour la production de biodiesel, car elles sont renouvelables dans la nature, peuvent être produits à grand échelle et sont respectueux de l'environnement sympathique (**Patil et Deng, 2009**). Les huiles végétales comportent les huiles comestibles et non comestibles. Plus de 95% de la matière première de production de biodiesel provient d'huiles alimentaires, car elles sont principalement produites dans de nombreuses régions et les propriétés du biodiesel produit à partir de ces huiles peuvent être utilisées comme substituts du carburant diesel. (**Gui, Lee, et Bhatia, 2008**)

III.5. Les caractéristiques du biodiesel :

Les propriétés physicochimiques du biodiesel présentant le plus grand intérêt sont :

Le point éclair (Pe ; flash point), le pont 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 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. (**Fernando S, 2007**)

a) La viscosité ;

La viscosité augmente avec le nombre de carbone et diminue avec le degré d'insaturation (**Knoth, 2005**). Une grande viscosité cinématique créerait des problèmes dépôts dans le moteur (**Knoth, 2005**). La transestérification favorise donc une diminution de la viscosité d'huile à des valeurs généralement comprises entre 4 et 6 mm²/s. (**National Renewable Energy laboratory, 2009**)

b) Le pouvoir calorifique :

Le pouvoir calorifique indique représente la quantité d'énergie par unité de masse ou de volume de carburants lors de la réaction chimique de combustion complète conduisant complète conduisant à la formation de CO₂ et de H₂O.

Le carburant est pris, sauf mention contraire à une température de référence, généralement 25°C. L'air et produits de combustion sont considérés à cette même température. **(Ya Sanghare, 2008)**

c) Le point trouble et le 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 point trouble **(Knoth, 2005)**. La température du point trouble diminue avec la fraction molaire de composés non saturés et augmente légèrement avec la longueur de la chaîne carbonée **(Imahara H, 2006)**. Le point d'écoulement est défini comme la température à laquelle le biodiesel ne coule plus. Habituellement, les points de trouble et d'écoulement augmentent en fonction du rapport volumique de biodiesel dans le carburant pétro-diesel. **(National Renewable Energy Laboratory, 2009)**

d) L'indice de cétane :

L'indice de cétane est un indicateur de qualité de rallumage d'un carburant qui augmente avec le nombre de carbones et diminue avec le nombre de liaisons de carbones insaturées **(Hart Energy Consulting, 2007)**. Par un indice de cétane du biodiesel avec une insaturation élevée comme le biodiesel issu des micro-algues 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 micro-algues n'a été effectuée. Cependant, certaines études ont estimé l'indice de cétane de nombreuses espèces de micro-algues en fonction de leur teneur en FAME (Fatty Acide Methyl Ester) 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. **(Stanell G.R, 2012)**

e) 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 **(Knoth, G, 2005)**. L'oxydation du biodiesel augmente en fonction du degré d'insaturation. **(Hart Energy Consulting, 2007)**

f) 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 (**Seregin E.P.A.A, 1975**). 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. (**Knoth, G, 2005**)

g) Glycérine libre :

Le glycérol libre désigne la quantité de glycérol restant dans le biodiesel fini. Le glycérol est essentiellement insoluble dans le biodiesel, de sorte que presque tout le glycérol est facilement éliminé par décantation centrifuge. Le glycérol libre peut rester soit sous la forme de gouttelettes en suspension, soit sous forme de la très petite quantité dissoute dans le biodiesel. L'alcool peut agir comme Co-solvant pour augmenter la solubilité du glycérol dans le biodiesel la plupart de ce glycérol doit être éliminé pendant le processus de purification. Le carburant lavé à l'eau est généralement très faible en glycérine libre, surtout si l'eau chaude est utilisée pour lavage. Le biodiesel distillé tend à avoir un problème plus important avec du le glycérol libre dû au report du glycérol pendant la distillation. Le carburant avec du glycérol libre excessif aura généralement un problème avec le glycérol se déposant dans les réservoirs de stockage, créant un mélange très visqueux qui peut boucher les filtres de carburant et causer des problèmes de combustion dans le moteur. (**Rossell J.B, 2001**)

III.6. Les méthodes de fabrications du biodiésel I à partir de l'huile végétale :

La possibilité d'employer les huiles végétales comme carburant a été accréditée dès la première utilisation des moteurs diesel. L'huile végétale possède une haute viscosité pour être utilisée dans les moteurs diesel existants, et remplacer immédiatement le mazout. Il existe plusieurs méthodes visant à réduire la viscosité de l'huile végétale ; la dilution, le micro-émulsification, la pyrolyse, et la transestérification en sont les quatre techniques appliquées. Il faut noter que la dernière méthode, la Transestérification en l'occurrence est la plus fréquente, car elle permet d'obtenir des produits bien définis. La transestérification avec du méthanol donne trois molécules d'ester méthylique, et une molécule de glycérol à partir d'une molécule de triglycéride, et de trois molécules de méthanol (**Juliette C et al ,2002**)

III.7. Production le biodiesel par transestérification :

III.7.1. La réaction de transestérification :

II.7.1.1. Historique de la réaction :

La transestérification des triglycérides n'est pas un processus nouveau. Elle date dès 1853 lorsque Patrick et Duffy ont mené cette réaction beaucoup d'années que le premier moteur diesel soit fonctionnel.

Cette réaction a été l'objet de recherches intensives ou PET dans l'industrie polymères, la synthèse des intermédiaires pour l'industrie pharmaceutique, le durcissement des résines dans l'industrie de peinture et dans la production du biodiesel en tant que alternatif du diesel.

(Hamad Berna, 2009)

III.7.1.2. La transestérification :

Transestérification consiste en la réaction d'un alcool et des ester gras pour former des esters de cet alcool et de glycérine. Les esters gras sont constitués de triglycérides solides à température ambiante dans le cas des graisses ; et liquides à température ambiante dans le cas des huiles. La réaction de transestérification peut s'écrire. (Machine Amrani, 2007)

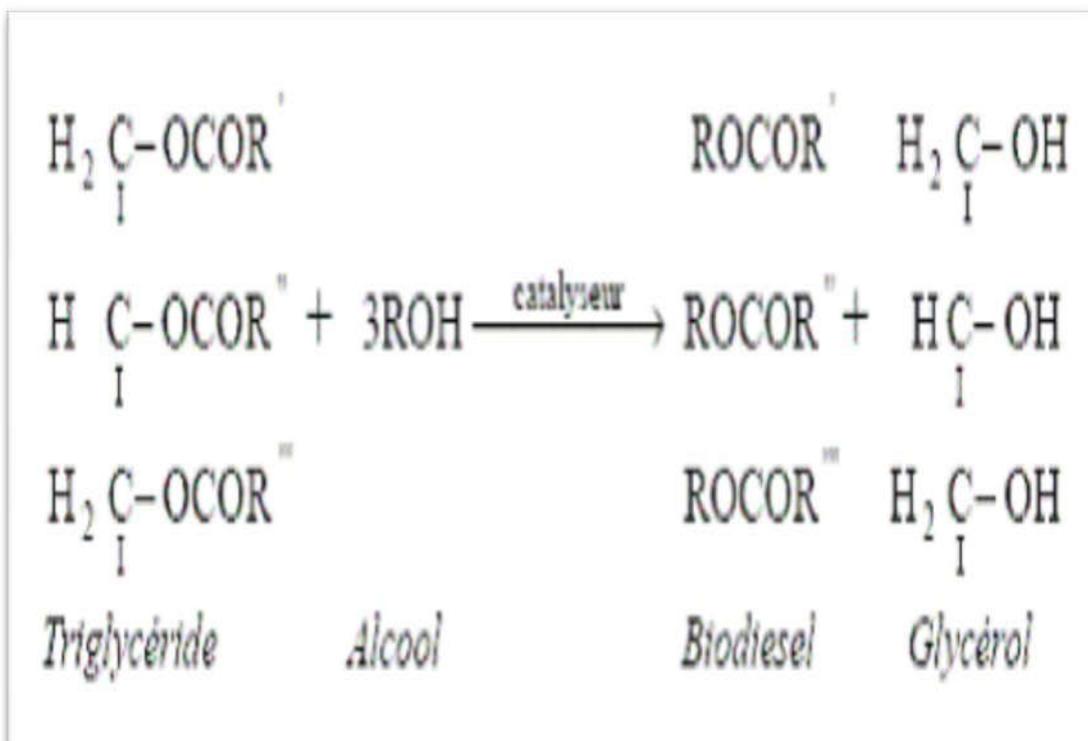
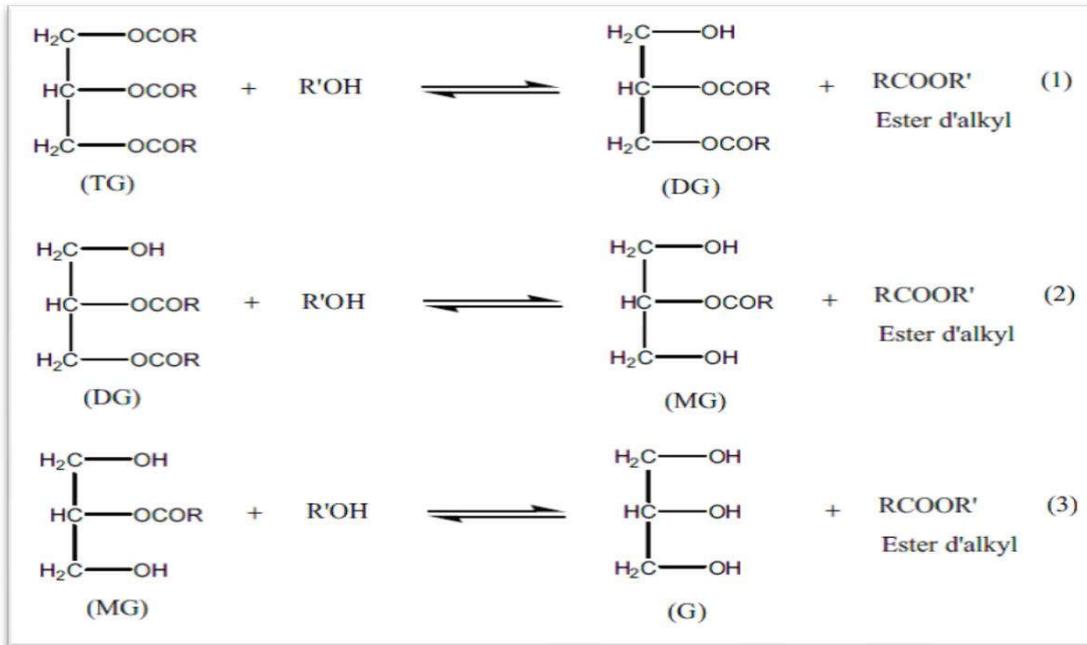


Fig.III.2 : Réaction de transestérification. (Machine Amrani, 2007)

II.7.1.3. Le mécanisme de La réaction de transestérification :

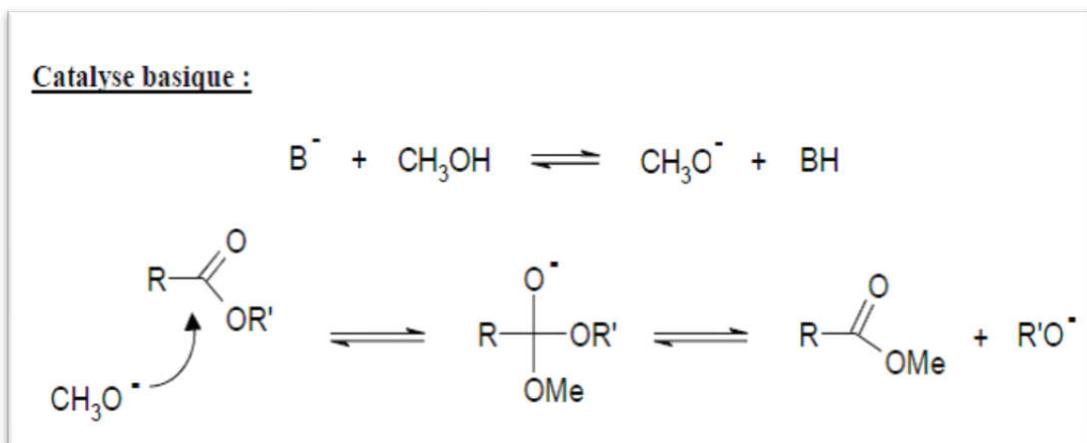
La réaction de transestérification se fait en 03 étapes successives :



FigIII.3 : La réaction de transestérification :

La réaction de transestérification est chimiquement équilibrée. Les étapes(1) et (2) sont rapides car les fonctions esters primaires sont transestérification en premier, l'étape (3) est plus lente. (Hamad Berna, 2009)

III.7.1.4. Le mécanisme de La réaction de transestérification en cas d'une catalyse basique :



FigIII.4 : Mécanisme de transestérification en cas d'une catalyse basique. (Pllopez, 2010)

III.7.1.5. But de la réaction de transestérification :

La décomposition thermique d'une huile qui est un ester de glycérine, en l'absence d'oxygène conduit à la formation de glycérol et d'un mélange d'ester.

L'objectif d'une telle étude est l'utilisation des esters obtenu comme carburant diesel ; l'étude conduit en même temps à :

- L'élimination totale de la glycérine.
- La diminution du point d'ébullition de l'huile.
- La diminution du point éclair de l'huile.
- L'utilisation de la glycérine dans l'industrie chimique.
- L'utilisation des sous-produits dans l'industrie du savon et des détergents. (Mactar DIOP, 2009)

III.7.1.6. Etude de l'effet des paramètres réactionnels sur la réaction de transestérification :

Dans le procédé de transestérification, un mélange de catalyseur et d'alcool est ajouté à l'huile à transformer.

La réaction réduit ainsi le poids moléculaire, la viscosité et augmente la volatilité des lipides. Toutefois différents paramètres peuvent influencer le rendement de transestérification comme le type d'alcool, le ratio alcool-huile, le type de catalyseur et sa concentration, la température de la réaction et la vitesse d'agitation, le temps de réaction. Une transestérification des huiles avec du méthanol à l'état supercritique (sans catalyseur) a été développée, mais le coût de cette technologie rend son utilisation impossible à ce jour. (Tan et Lee, 2011)

III.2. Le biodiesel dans l'industrie :

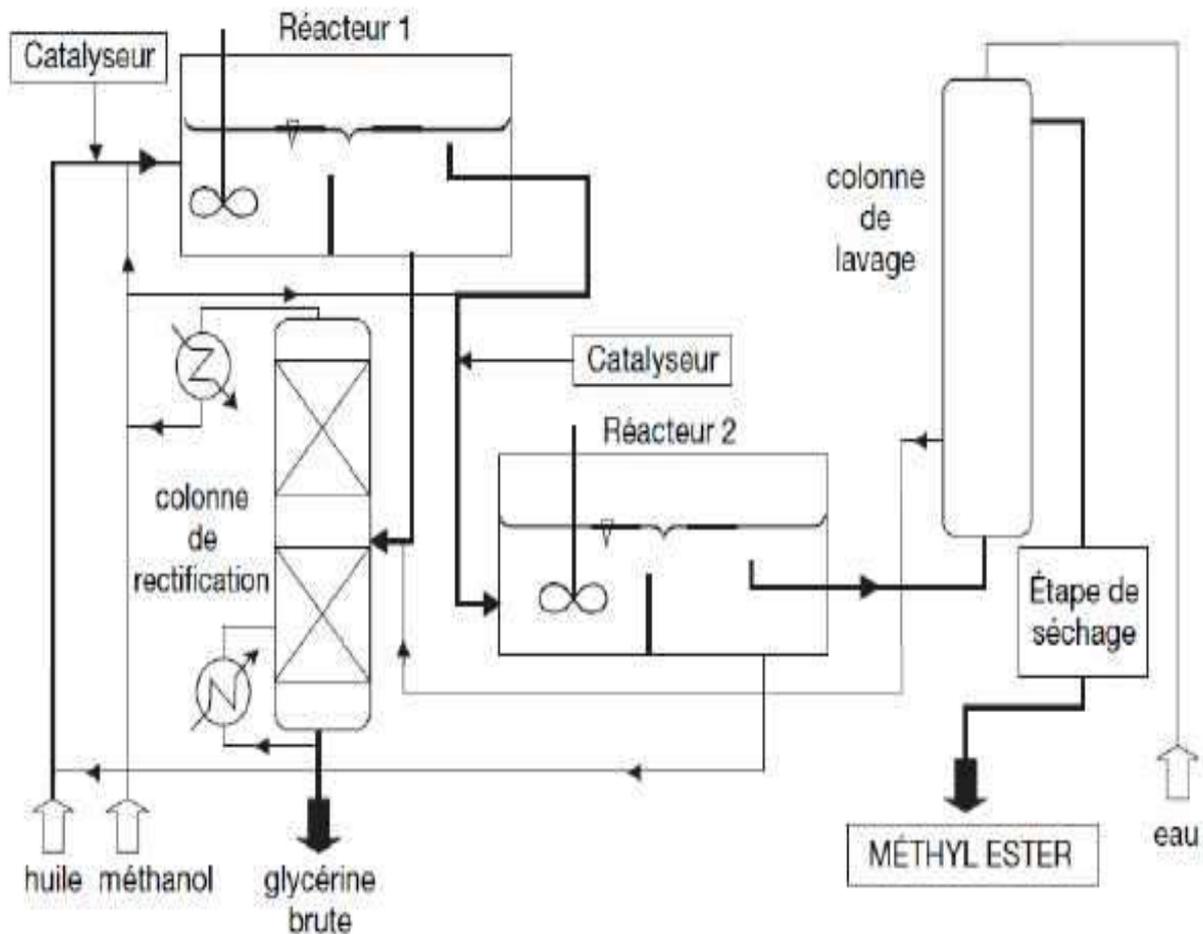
III.2.1. Principe de production industrielle du biodiesel :

Les procédés utilisés pour raffiner l'huile brute et la transformer jouent un grand rôle dans sa capacité à satisfaire l'exigence qualité.

III.2.1.1. Procédé continu :

La réaction de transestérification est généralement effectuée dans deux réacteurs en série, même capacité, avec des séjours optimisés permettant d'obtenir un taux maximum de conversion et une qualité d'esters répondant le mieux possible aux spécifications imposées aux esters carburants.

Cette qualité est encore améliorée par lavage à l'eau à contre-courant qui élimine les traces de catalyseur, de glycérine et de méthanol. Enfin le séchage de l'ester est effectué sous pression réduite entre 40 et 60 mbar à 140°C. (Maroyi A, 2007)

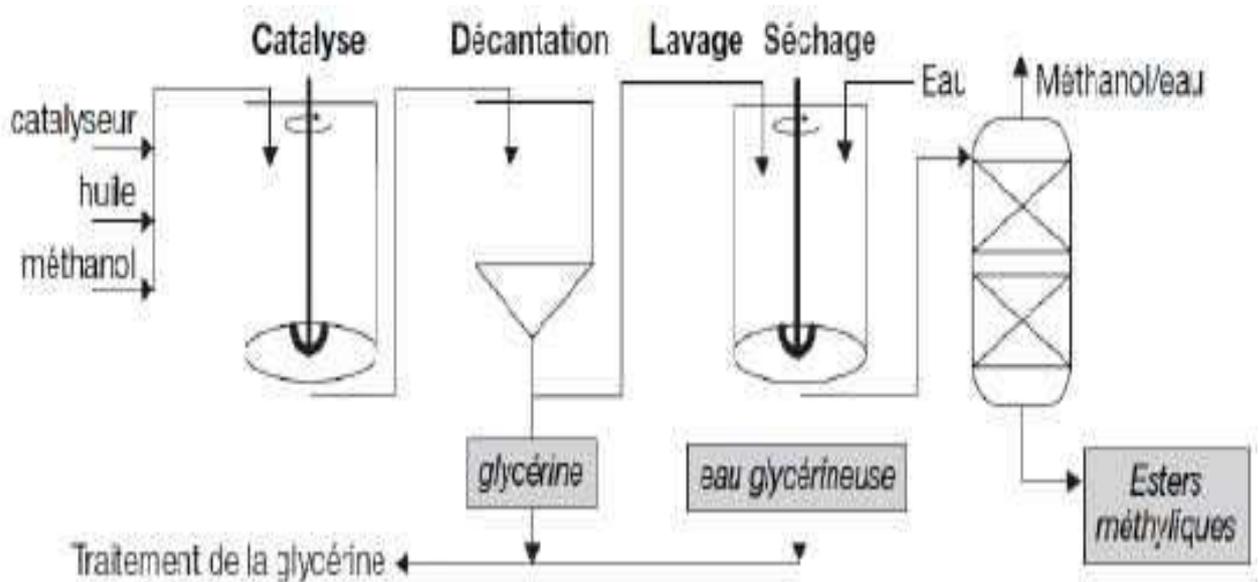


FigIII.5 : schéma de principe d'un procédé continu de production d'EMHV (procédé proposé par la Société Iurgi) (Maroyi A, 2007)

III.2.1.2. Procédé discontinu :

L'huile et le méthanol sont introduits dans un réacteur équipé d'un système d'agitation, dont le contenu est porté à une température de 45 à 85 °C, sous une pression absolue maximum de 2.5 bar, avant d'ajouter la solution catalytique. Le temps de séjour est d'environ une heure pour atteindre l'équilibre thermodynamique de la réaction. Les esters méthyliques sont séparés de la glycérine dans un décanteur statique avant d'être introduits dans un deuxième réacteur agité où sont effectuées deux étapes de lavage à l'eau qui permettent d'éliminer les sels et la glycérine résiduelle. Selon les technologies, le catalyseur choisi, et l'acidité de la matière première, les rendements massiques en esters méthyliques par rapport à

l'huile varient de 98.5 à 99.4 %. Une étape ultérieure de glycérolyse des acides gras pourrait avantageusement augmenter ces rendements. (Maroyi A, 2007)



FigIII.6 : schéma de principe d'un procédé en discontinu (procédé Esterfip-licence IFP).

(Maroy A, 2007)

III.2.2. Les applications de biodiesel :

Le biodiesel est l'une des meilleurs sources d'énergie renouvelable, non seulement produit moins d'impact sur l'environnement mais aussi parce qu'il offre l'avantage de la durabilité, étant biodégradable et non toxique. (Hilioti et al, 2017)

Le biodiesel est un biocarburant liquide qui peut être utilisé exactement comme du diesel de pétrole dans des moteurs à combustion interne à allumage par compression. Tout comme le diesel, le biodiesel s'enflamme spontanément quand il est mélangé de l'air comprimé. Les moteurs exploitent d'énergie libérée pendant la combustion pour propulser le véhicule. Le biodiesel à base de pétrole est devenu le principal carburant pour les moteurs à allumage par compression, mais le modèle original, construit par Rudolph Diesel il y a plus de cent ans, été conçu pour brûler de l'huile végétale, une matière première pour le biodiesel moderne. (Naylor et Higgins, 2017)

III.2.3. Les avantages et les inconvénients du biodiesel :

Les biocarburants (ester) sont des énergies "renouvelables" et leur objectif principal ne doit être que la réduction de la facture énergétique.

Leur coût de production peut être abordable dans le cas où les sous-produits issus du processus d'élaboration peuvent être mis en valeur (tourteaux ; glycérol).

Ils peuvent être utilisés en mélange avec le gasoil jusqu'à 25% sans modification du moteur et sont naturellement moins chargés en métaux lourds.

Cependant ils sont corrosifs car ce sont des composés oxygènes qui peuvent facilement évoluer vers des formes acides nuisibles pour les organes métalliques et en caoutchouc des moteurs quand on les utilise à 100%.

Ils n'ont pas un pouvoir lubrifiant comme les carburants fossiles et leurs pouvoirs calorifiques sont bien moindres.

Les engrais que l'on pourrait utiliser dans les champs présentent aussi des risques de contamination des nappes phréatiques. (**Ya Sanghare, 2008**)

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE IV

RESULTAT

IV. Introduction :

Nous allons essayer dans ce chapitre de porter une contribution expérimentale en la production du biodiesel à partir d'huile usagée. L'huile utilisé dans cette partie est végétale, pour prendre le biodiesel il faut faire un mélange entre le matière primaire (huile végétale) et l'alcool (méthanol) avec le catalyseur pour garnie le temps de la réaction

IV .1.Matériels et méthode :

IV 1.1. les materiels :

Les produits	Les matériels
Méthanol	Ampoule à Décanté 1000ml
Hydroxyde de potassium KOH	Les béchers de 50 et de 100 ml
Huile usagée	Une balance
	Une burette
	Agitateur magnétique
	Erlenmeyer et thermomètre

Tableau IV.1. Les matériels et les produits.

IV.1.2. Mode opératoire :

IV.1.2.1 Filtration d'huile usagée :

Pour Filtrer 100 ml d'huile usagée, On utilise l'entonnoir avec papier filtre et erlenmeyer

IV.1.2.2. Transestérification :

IV.1.2.2.1. Préparation de la solution de soude +méthanol

Dans une balance de précision nous mettrons une capsule vide et faire tarer la balance pour revenir à une masse 0 .puis verser 0,1 de KOH. Par ensuite nous avons faire dissoudre le catalyseur dans une 50 ml du méthanol ; nous plaçons donc le bécher du méthanol sur un agitateur magnétique puis, on versé la soude, on laisse réagir le mélange Pendant 1heure environ, jusqu'à la dissolution complète de KOH.



Fig.IV.2 :Préparation de la solution de KOH+méthanol

IV.1.2.2.3.Chauffage :

Dans un e erlenmeyer de 250 ml. Nous introduisons 100 ml d'huile Par la suite, nous l'avons chauffée dans un bain marie sous une température réglée à 53 °C pendant une durée de 2 heures. Apres avoir pèse 1,17 g de soude caustique et 50ml de méthanol à l'aide de la balance numérique, nous avons mélangé les réactifs dans un erlenmeyer de 250ml. Le mélange très foncé au départ change sa couleur assez rapidement pour devenir plus limpide après 5minutes.



Fig. IV. 3 : Chauffage

IV.1.2.2.4.Décantation et lavage :

Après une journée de repos, nous observons une séparation du mélange contenu dans l'ampoule 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.

Après la décantation du biodiesel il faut faire l'étape de lavage pour éliminer les impuretés de l'alcool et le 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



Fig. IV .4 : Décantation

IV.2. Résultats :

Pour vérifier que nous avons bien transformé cette huile en biodiesel, nous allons maintenant comparer leur densité. En faisant la vérification avec critères physiques, on multiplie ainsi la fiabilité des résultats

IV.2.1. Densité :

Pour le calcul de la densité, nous suivrons les étapes suivantes :

- Nettoyer le pycnomètre avec de l'eau distillé.
- Dans une balance de précision, On y pose un pycnomètre vide.
- Appuyé sur "tare" pour se remettre à zéro et effacé la masse de pycnomètre
- On prélève dans ce même pycnomètre 10ml d'huile.

Ces résultats permettre de mettre en évidence la grande différence de viscosité entre l'huile usagée et le biodiesel.

Tableau IV.2 : Variation de densité

	La densité
Huile usagée	0.9164
Biodiesel	0.8807



Fig. IV.5 : Huile usagée d : 0,9164.



Fig. IV.6 : Biodiesel d : 0, 8807

CONCLUSION

GENERAL

Conclusion général

Le biodiesel reste un carburant sûr, biodégradable et non toxique, renouvelable qu'on gagnerait à utiliser dans les moteurs diesel non modifiés ainsi que dans diverses applications à base de combustibles. Il consiste en de l'ester méthylique des huiles végétales. Le biodiesel peut être utilisé pur ou dans un mélange à base d'essence conventionnelle.

Utilisation des huiles d'usagée comme matière première présente des avantages économique et environnementaux considérables. En effet, leur valorisation en biodiesel permet un partie de diminuer le cout de production de ce biocombustible puisque le prix d'achat de l'huile usée est beaucoup moins élève que celle de l'huile végétale et d'autre part d'éviter leur déversement dans le réseau d'assainissement.

Le biodiesel est un mélange d'esters d'acide gras obtenu par la réaction transestérification. Cette réaction est réalisée par exemple avec méthanol en présence de catalyseur KOH.

Comme le but de notre travail dit obtenu un rendement. On a choisi de produire le biodiesel à partir d'huile usagée, on utilise l'alcool (méthanol) et le catalyseur KOH.

Le rendement en biodiesel est de 90 % (v biodiesel / v huiles usagées) avec un temps de réaction de 2 heures.

Notre objectif de l'étude est d'obtenir le meilleur rendement possible mais à cause du problème maladie à coronavirus 2019(COVIDE-19), nous n'avons pas pu terminer les expériences de cette cherche. Et nous n'avons pas appris à contraire les meilleures méthodes d'optimisation et modalisation pour la production le biodisel.

Références

Références

ABADA, SABAH, (2017) Maitre de Recherche B. Division Bioénergie et Environnement-GDER.

APRIA, (1969). Utilisation des déchets végétaux. Ass. Prom. Ind. Agr. Ed Paris., pp. 115-139

BAIIERINI DANIEL, (2006). les Biocarburants état des lieux, perspectives et enjeux du développement,IFP publications, Editions TECHNIP

BENTHEAUD E, (2011). Document ressource. Comité Français du Parfum.

BIOBELLE, C, (2019). L'extraction à froid des huiles. 46 Cité Keur Damel, Dakar -Sénégal

BOYER, A, (2010). Design de nouveaux syntones dérivés de l'acide oléique : application à la synthèse de polyuréthanes. : Université de Bourdeaux.

CEA, 2010. Commissariat à l'énergie atomique et énergies alternatives

CHARFAOUI M.S, (2011). Les cultures oléagineuses : Enjeux et problématique. Portail Algérien des énergies renouvelables

CHING. T.Hou, Jei-Fu, (2003).Shaw, Biocatalysis and Bioenergy, wiley, **2008.**

KNOTHE GERHARD., JON VAN GERPEN., JÜRGEN KRAHL, (2005).The Biodiesel Handbook, edition AOCS Press

Colonna P, (2006). La chimie verte. EDTEC et DOC. Paris : lavoisier, 532p

Délégation régionale Franche-Comté et Association des Collectivités Comtoises pour la Maîtrise des Déchets et de l'Environnement(2007).

DEMIRBAS A, (2008) Biodiesel: A Realistic Fuel Alternative. British Library Cataloguing in Publication Data.

DEMIRBAS A. Demirbas, M. F, (2010) *Algaeenergy:algae as a new source of biodiesel.* Springer Science & Business Media.

DIAKITE S, (2015). Demande de sortie du statut de déchet des huiles alimentaires usagées pour des usages en chaudière d'une puissance supérieure à 100 kW. Rapport d'étude. France, 21p

DOUDOU N, (2007). Le monde dans être des biocarburants, définitions, enjeux et facteurs de succès pour l'Afrique, Agrivision N°4.

REFERENCES

DUBREUIL A, (2008). Les biocarburants au cœur de la polémique Crutzen, atelier Changement Climatique

DUNN ROBERT, (2003). Biodiesel as a locomotive fuel in Canada, rapport (TP 14106E) du Centre de développement des transports au Canada

ERNANDO S. KARRA P. HERNANDEZ R et JHA, S.K, (2007). Effect of incompletely converted soybean oil on biodiesel quality. *Energy*, volume 32, p844-851

FAO, (1999). Norme pour les huiles végétales portant un nom spécifique. Codex alimentaires normes alimentaires internationales, 210-1999

FINE, F., & al, (2013). Les agro-solvants pour l'extraction des huiles végétales issues de graines oléagineuses. *oilseeds and fats crops and lipids*, 5-20.

FORMO, M.W, (1979): Physical properties of fats and fatty acids in Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Vol.1 (ed.D.Swern), 4 th edn, John Wiley & Sons, Inc., New York, P177-

232. GHISLENGHIEN. (s.d.). Les huiles végétales de paranarome. PRANARÔM INTERNATIONAL S.A. pranarom@pranarom.be, B-7822.

FRENOT M. et VIERLING E, (2001) : Biochimie des aliments diététique du sujet bien portant. ED : Doin éditeurs, centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. Bordeaux. France. P297.

GIRARD Ph., BLIN J, (2011). Guide technique pour une utilisation énergétique des huiles végétales dans les pays de la CEDEAO. Editions harmattan. p144

GORNAY J, (2006). Transformation par voie thermique de triglycérides et d'acides gras, application à la valorisation chimique des déchets lipidiques. Thèse doctorat. Institut national polytechnique de lorraine école doctorale rp2e. p186.

GUI M. M. K. T. Lee, S.BHATIA, (2008) Feasibility of edibleoil vs. nonedibleoil vs. wastedibleoil as biodiesel feedstock. *Energy*, 33, 1646–1653

GUIDE de CONTROLE DES HUILES DE FRITURE Ministère de commerce républicain algérien démocratique et populaire, (2012)

HAMAD BERNA, (2009). Transestification des huiles végétales par l'éthanol en conditions douces par catalyses hétérogènes acide et basique. Thèse de Doctorat. Université Claude Bernard- Lyon I, France

REFERENCES

- HAMIA, C, (2007).** Contribution à la composition et à l'étude de l'huile de fruits de l'arganier "argania spinosa". Ouargla: Université Kasdi Merbah
- HART ENERGY CONSULTING, (2007).** Establishment of the Guidelines for the Development of Biodiesel Standards in the APPEC Région Asia Pacific Economic Coopération, P.1-136
- HILIOTI, Z. Michailof, C.M. ; Valasiadis, D. ; Iliopoulou, E.F. ; Koidou, V, (2017).** Lappas, A.A.Characterization of castor plant-derived biochars and their effects as soil amendments on seedlings. Biomass Bioenergy, 105, 96–106.
- IJEOMA, K. H., & PRISCA, U. I, (2015).** Characterization of the chemical properties of some selected refined vegetable oils commonly sold in Nigeria. British journal of applied science & technology, 538-546.
- IAHARA H. MINAMI, E. ET SAKA, S, (2006).** Thermodynamic study on cloud point of biodiesel with its fatty acid composition. Fuel, volume 85, numéro 12, p.1666-1670
- ISO 734-1, (1998).** Oilseed residus - determination of oil content. international standard.
- ISO 9001.** (s.d.). Solution d'extraction – Trouvez la solution parfaite pour chaque application. France : Laboratoire Humeau
- JULIETTE C., BENOIT D., Carole D., Sophie F., Sébastien G., Sabine H., Ludovic R., KADAMBI, K., DABRAL, S.N, (1955).** The silviculture of Ricinus communis L. Ind. Forester. P.53-58
- JULIUS OLQTOUNDE, (2020).** BioClips-Volume28-N°1
- KNOTHE, G K h GERPEN, V, (2005) .** Voyo biodiesel the biodiesel handbook pp.81-82 AOCS Press, Champaign Illinois USA
- KNOTHE, G. RAZON, L. F.** Biodiesel fuels. Prog Energy CombustSci, (2017), 58, 36–59
- LANG X, Dalai AK, REANEY MJ, Hertz PB, (2001).** Biodiesel esters as lubricity additives: effects of process variables and evaluation of low-temperature properties. Fuels International.pp 207-227
- 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, 13p

REFERENCES

- LION Ph, (1955).** Travaux pratiques de chimie organique. Ed. Dunod, Paris
- MACTAR DIOP, (2009).** Production de Biodiesel à partir de l'huile de jatropha. Mémoire d'ingénieur. Université cheikh anta diop de Dakar, Dakar
- MAHACINE AMRANI, (2007).** Simulation Du Procédé De Fabrication Du Biodiesel A Partir Des Graisses Jaunes. Université de FACTA Tanger, Maroc
- MARCUSSON. J, JOUVE, A, (1929).** Manuel de Laboratoire pour l'industrie des huiles et graisses. Dans C. BERANGER, Manuels de Laboratoire ~s pour les Industries Chimiques et similaires. Paris : Paris et liège librairie polytechnique Ch, BERANGER
- MAROYI, A, (2007).** Ricinus communis L. In : van der Vossen, H.A.M. & Mkamilo, G.S (Editeurs). PROTA 14 : Vegetable oils/Oleagineux. PROTA, Wageningen, Pays Bas
- MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'environnement, (2010)**
- MITTELBACH. M., REMSCHMIDT. C, (2006).** Biodiesel: the comprehensive handbook. 3e éd. Publié par Martin Mittelbach, institute of chemistry Karl-Franzens-University Graz, Graz, Autriche
- MORIN O, PAGES-XATART-PARES, X, (2012).** Huiles et corps gras végétaux : ressources
- MUSHTAQ A. M. A, (2013).** Practical Handbook on Biodiesel Production and Properties
- NATIONAL RENVEREBLE ENERGY LABORATORY, (2009).** Biodiesel handling and use guide .PP.1-56
- NAYLOR, R.L. HiGGINS, M.M, (2017).** Thepolitaleconomy of biodiesel in an era of lowoilprices. RenewSustain Energy Rev, 77, 695–705
- PATIL, P. D. S, DENG, (2009).** Optimization of biodiesel production fromedible and nonediblevegetableoils. Fuel, 88, 1302–1306
- PIERRE, P, (2011),** Biocarburants de deuxième génération : où en est la recherche ? Institut français de pétrole.
- PINTO,A.C. Guarieiro ,L.L.N.,Rezende ,M.J.C.,Ribeiro,N.M., Torres ,E,A., Lopes, w .A ., de P,pereira,.P.A.,de Andrade,J.B.,J.Braz. Chem .soc, (2005).16 (6B) :p.1313-1330**
- PLLOPIZ, (2010).** CATALYSE et CONTACTS. exemple_sujet_de_chimie pdf.pp1-15

REFERENCES

POITRAT E, (2005). Les biocarburants en France et en Europe (ADEM), Lyon, Poughère comme carburant en milieu rural

PRYDE E.H, (1982). Vegetable oil standards. In: Proceedings of the International Conference on Plant and Vegetables Oils as Fuels, Fargo, USA, , (ASAE Publication, 4-82), p.101-105. Saint Joseph: ASAE.

ROSSELL J.B, (2001). Frying, Woodhead Publishing Limited, Cambridge (England). 369

SAGUENAY, LAC-SAINT-JEAN, (2010). production d'huile végétale pure. Alma : Collège d'Alma.

SEREGIN, E.P., A.A., BUGAI, V.T., Makarov, A.A., Sarantidi, P .G. et Skovorodin, G.B, (1975). Lubricity of diesel fuels . Chemistry and Technology of Fuels and Oils, volume 11, numéro 5, p.360-363

SITE : amélioré ta sante.com)

SITE : Synergie santé Environnement, 2019

STANSELL, G.R, GRAY, V.M. ETSYM, S.D, (2012). Microalgal fatty acid composition: implications for biodiesel quality. journal of applied phycology, volume 24, numéro 4, p.791-801

TABATABAEI, M. M. A, (2019). Biodiesel: From Production to Combustion. Biofuel and Biorefinery Technologies

TOUATI L, (2013). Valorisation des grignons d'olive, Etude de cas : Essai de valorisation en biocarburant magister. Université Mohamed Bougera-Boumerdes

UZZAN A., (1992). Huiles végétales – biocombustibles diesel : influence de la nature des huiles et en particulier de leur composition en acides gras sur la qualité-carburant, thèse de doctorat, Université d'Orléans, pp87

VAITILINGOM, G, (2009). Extraction, conditionnement et utilisation des huiles végétales pures carburant. Enjeux et perspectives des biocarburants pour l'Afrique, 27-29.

Ya SANGHARE, (2008). Production et caractérisation physico-chimique de biodiesel à partir d'une huile végétale pure, P33

REFERENCES

ZOVI, O, (2009), Fonctionnalisation et photo polymérisation de l'huile de lin en vue de l'élaboration de nouveaux matériaux sans émission de composés organiques volatils (COV).
Rouen : Ecole doctorale normande de chimie.

Résumé :

Au cours des dix dernières années, l'épuisement des ressources fossiles et les problèmes du réchauffement climatique ont fortement motivé les scientifiques pour la recherche de nouvelles alternatives de carburant à partir de la biomasse.

Ce travail vise la détermination des conditions optimales pour maximiser le rendement d'un biodiesel (biocarburant) produit à partir des huiles usagées par la réaction transestérification. Il est question de modifier le rendement du biodiesel en fonction de certains paramètres tel que la température, de la concentration du catalyseur et le rapport huile/alcool. Par la suite le modèle sera utilisé pour optimiser ces paramètres pour avoir le meilleur rendement.

Mots clés : Biomasse, biodiesel, huile usagée, transestérification.

Abstract:

Biodiesel production: Modeling and optimization Summary: During the last ten years, the depletion of fossil resources and the problems of global warming have strongly motivated scientists to search for new fuel alternatives from biomass.

This work aims to determine the optimal conditions to maximize the yield of a biodiesel (biofuel) produced from used oils by the transesterification reaction. It is a question of modeling the yield of biodiesel as a function of certain parameters such as temperature, catalyst concentration and oil / alcohol ratio. Subsequently the model will be used to optimize these parameters for the best performance.

Keywords: Biomass, biodiesel, used oil, transesterification

ملخص

إنتاج وقود الديزل الحيوي: النمذجة والتحسين الملخص: خلال السنوات العشر الماضية، حفز استنفاد الموارد الأحفورية ومشاكل الاحتباس الحراري العلماء بقوة للبحث عن بدائل وقود جديدة من الكتلة الحيوية. يهدف هذا العمل إلى تحديد الظروف المثلى لتعظيم إنتاج وقود الديزل الحيوي (الوقود الحيوي) المنتج من الزيوت المستخدمة بواسطة تفاعل الأسترة التبادلية. إنه مسألة نمذجة إنتاج وقود الديزل الحيوي كدالة لمعايير معينة مثل درجة الحرارة، تركيز المحفز ونسبة الزيت / الكحول. بعد ذلك، سيتم استخدام النموذج لتحسين هذه المعلمات للحصول على أفضل أداء. الكلمات المفتاحية: الكتلة الحيوية، وقود الديزل الحيوي، الزيت المستعمل، الأسترة التحويلية