

Valorisation Énergétique des Déchets Grasseyeux de Poissons.

H. BOUSBAA^a N. KHATIR^a A. LIAZID^a M. BOUCHENAK^b

a. LTE Laboratory, ENSET-Oran, BP 1523 El Mnaouer 31000- Oran. e.mail : bou_sbaa@yahoo.fr

b. Laboratoire de Nutrition Clinique et Métabolique (LNCM), Univ-Oran. e.mail : bouchenak.malika@lncm-univoran.com

Résumé : Dans le cadre des recherches menées dans le domaine des énergies renouvelables, les biocarburants occupent une place importante au vu du nombre de travaux réalisés et publiés. Parmi les biocarburants testés on trouve ceux issus des graisses animales objet de plusieurs recherches effectuées notamment aux USA. Cet article renseigne sur l'opportunité et le potentiel de la valorisation énergétique des déchets grasseyeux de poissons. C'est pourquoi, la conception et la réalisation de tests expérimentaux à l'échelle de notre laboratoire ont été nécessaires. Les résultats sont présentés et discutés.

Mots clés : Energie renouvelable, Biocarburants, Déchets Grasseyeux, Valorisation énergétique.

1. Introduction

La croissance de la demande d'énergie et la limitation des ressources en pétrole conduisent au développement des énergies renouvelables telles les matières grasses (huiles végétales et graisses animales) ou leurs dérivés [1-4]. De là, l'intérêt pour les énergies renouvelables « dites propres » est de plus en plus important. Parmi ces dernières apparaissent les biocarburants comme une forme d'énergie alternative notamment dans le domaine automobile vu qu'ils réduisent la production de CO₂, gaz principal à effet de serre, le monoxyde de carbone, et la fumée noire.

La recherche dans le domaine des biocarburants est actuellement dirigée de manière à améliorer les procédés de conversion de la matière végétale et animale, et à étudier leur adaptation au le moteur des véhicules [5-7].

Le gisement des déchets grasseyeux est en augmentation continue, tels que la graisse de poulet, de bœuf, et de poisson. En effet, ces déchets grasseyeux sont formés principalement de molécules de triglycérides. Ces derniers ont été utilisés comme source d'énergie depuis un siècle lorsque Rudolph Diesel (1893) a montré que les huiles végétales peuvent être utilisées comme carburant dans les moteurs [3,8]. Actuellement, pour les moteurs diesel, l'huile végétale et animale, en mélange avec le gasoil, à de faibles proportions, commence à être utilisée. Or, les graisses animales comme les huiles végétales ont un pouvoir calorifique voisin de celui du diesel [9-11]. Mais le problème est que leur propriétés physiques, notamment leur viscosité et leur température de fusion, sont bien supérieures à celles du diesel ordinaire ce qui provoque des problèmes de combustion et de pollution [12]. De plus, il y a risque d'endommager les organes du moteur comme les injecteurs et les pistons [8]. Ces problèmes sont dus aux propriétés physicochimiques qui ne sont pas comparables à celles du diesel ordinaire. Pour rendre les propriétés des huiles et graisses animales similaires à celles du gazole, différents procédés ont été proposés [1, 3, 4, 8, 13, 15] : la dilution, le traitement thermique, l'émulsion, la transestérification et la pyrolyse. En ce sens Nadia Mrad et al [3, 4] ont étudié la valorisation de la graisse de bœuf et de poisson en tant que carburant diesel par le procédé de pyrolyse. L'hydrocarbure obtenu à l'issue du craquage thermique (l'huile de pyrolyse) possède un taux d'acidité très élevé. Le craquage catalytique paraît une meilleure solution pour résoudre le problème de l'acidité.

La production de biodiesel par les réactions de transestérification fait objet de nombreuses études récentes. En 2008, H. M. El-Mashad et al [16] étudie la transestérification des déchets de poisson de Salomon avec le méthanol sous présence de KOH comme catalyseur. Ils ont mentionné que le rendement de la fraction organique obtenue dans cette étude était de 99%, avec un taux molaire de 9.2:1 et 0.5% de KOH. De plus, La synthèse des résultats a prouvé que la valeur d'acidité est plus grande, ce qui peut imposer des problèmes. Les résultats de cette étude confirmée par d'autres chercheurs [17]. C.Y. Lin et R.J. Li [18] en 2009, ont indiqué que leurs propriétés physiques de biodiesel à base huiles des déchets de poissons, notamment leur viscosité et leur acidité, sont bien supérieures à celles du diesel ordinaire ce qui provoque des problèmes au niveau des performances et des NO_x dans la combustion des moteurs Diesel [17, 19]. D'autres chercheurs se sont intéressés à l'utilisation des mélanges biodiesel à base l'huile de poisson et de diesel comme carburant. En 2010, S. Godiganur et al [19] ont effectués des essais en utilisant un ester méthylique à base l'huile de poisson avec différentes dosages, allant de 0% jusqu'à 100% (B0, B2, B5, B10, B20, B50, B75, B100), sur un moteur Diesel ID, afin d'étudier l'effet du biodiesel sur les performances et les émissions. D'après analyse des résultats on observe une augmentation de consommation spécifique et une diminution de l'efficacité thermique avec l'augmentation de pourcentage de

biodiesel. De plus ce dernier réduit la formation de CO, suie et HC mais augmente malheureusement l'émission de NOx. Ainsi que le pourcentage optimal sera déterminé, 20% offraient les meilleures performances qui sont proches de celles données par l'utilisation du diesel. Ainsi en 2011, R. Behçet [20], ont effectué des tests pour différents dosages d'ester méthylique d'huile de poisson allant de 25% jusqu'à 100% (B25, B50, B75, et B100), sur un moteur diesel ID. D'après une analyse, les résultats ont montré que la puissance de ces deux moteurs alimentés par le biodiesel était comparable à celle du diesel, mais avec une légère augmentation des consommations spécifiques de biodiesel et une diminution au niveau du couple et de l'efficacité thermique. Pour les gaz polluants on a observé une légère augmentation des NOx, par contre une réduction des émissions des CO, CO₂, HC et suie. Pour réduire les émissions des NOx et les particules de suies, certains chercheurs ont proposé de l'injection de petite quantité d'Éther di-éthylique 2% ou l'utilisant de la technique d'EGR [21]. De même, E. G. Varuvel et al [22] ont proposé d'étudier la valorisation des déchets de poisson par la technique de pyrolyse afin de produire un biocarburant pour les moteurs diesel. Dans cette étude en utilisant des mélanges biodiesel/diesel, allant de 60% jusqu'à 100%, sur un moteur ID. cette étude a prouvé que ces investigations donnent des résultats très intéressants et amélioration significative sur les performances et les émissions d'un moteur diesel alimenté par un biodiesel B80. Donc, ces résultats confirment que le mélange biodiesel/diesel peut être utilisé sans risque et avantageusement dans le moteur diesel.

Finalement on conclut que la majorité des études effectuées ont mentionnées que l'huile obtenue est généralement acide, visqueuse et thermiquement instable. Ceci rend souvent impossible l'utilisation directe de ces huiles dans des moteurs diesel ordinaires. Par conséquent, différents procédés de traitement et de raffinage ont été proposés parmi lesquels, la pyrolyse, la transestérification, l'extraction par solvant et d'autre. Nous avons retenu ce dernier procédé pour tenter de produire un biocarburant à partir des déchets gras de poissons, et puis l'huile extraite a été analysée afin de déterminer leur propriétés physico-chimiques.

Selon la FAO (l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture), la production des produits de pêche en 2006 était de 141,6 millions de tonnes contre 20 millions en 1950. Ces valeurs sont en augmentation progressive. Cependant, environ 50% de la quantité se transforme en déchets représentant ainsi 70.8 millions de tonnes de pertes. Ces déchets organiques regroupent principalement 40% à 65% des huiles [23].

Dans ce travail, on se propose d'étudier la valorisation des déchets gras de poissons afin de produire un biocarburant pour les moteurs diesel. Les produits issus de ce procédé sont : l'huile de poisson pour l'utiliser comme biocarburant et la farine de poisson pour la nutrition animale. L'objectif de ce travail consiste à contrôler le rendement du combustible liquide final (huile de déchets de poisson) et aussi la farine.

2. Matériel et méthode

L'étude expérimentale de l'extraction d'huile à partir des déchets de poissons a été faite dans deux laboratoires différents: le laboratoire LNCM de l'Université de Oran, et le laboratoire LTE d'ENSET-Oran. La caractérisation de l'huile par la détermination des propriétés physico-chimiques a été faite dans le laboratoire LTE.

2.1. Matériels utilisés

La valorisation des sous-produits (déchets gras de poissons) notée DGP peut être d'une part destinée à la production de substances pour nutrition animale, la cosmétique, et d'autre part des huiles comme un biocarburant. Les sous-produits usuels résultant de la transformation des poissons sont: les têtes, les viscères, les arêtes, les chutes de filetage, les peaux, etc... (Figure. 1).

Pour cette étude, seuls les DGP de sardine seront utilisés comme pro-type. Parce que la sardine, est une espèce de poisson très consommée au niveau de la région méditerranéenne, en particulier par la population Algérienne en raison de ses qualités nutritives et son faible coût. Les sous-produits représentent entre 30 et 60% de l'animal [23].

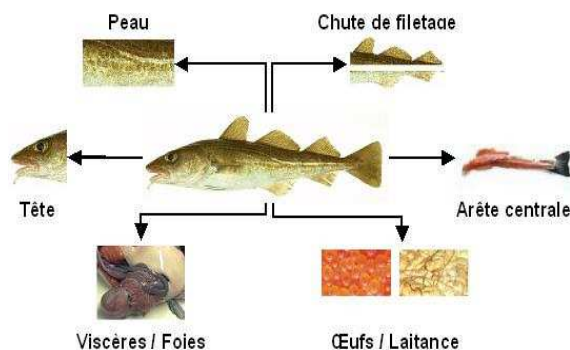


Figure. 1 : Principaux sous-produits de poisson.

2.2. Méthodologie expérimentale

Le principe général de valorisation de DGP de la sardine consiste à séparer l'eau et l'huile de la matière sèche. Les sardines sont éviscérées et hachées puis placées dans une étuve à 40-45°C pendant 20 minutes. À ce niveau, une première séparation a lieu entre une phase solide (Farine non délipidée) et une phase liquide (eau). Après broyage du DGP de sardine, les huiles sont délipidées avec l'hexane dans un extracteur de lipides (Soxhlet) pendant 3 heures à 50 °C. Le protocole global d'extraction d'huile est illustré dans la figure 2, et les paramètres opératoires pour l'extraction sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Paramètres opératoires pour l'extraction.

Poids de la Sardine	492g
Sous-produit (déchets)	146g
Matières premières (Farine non délipidée)	48g
Hexane	600 ml/100g de matières premières

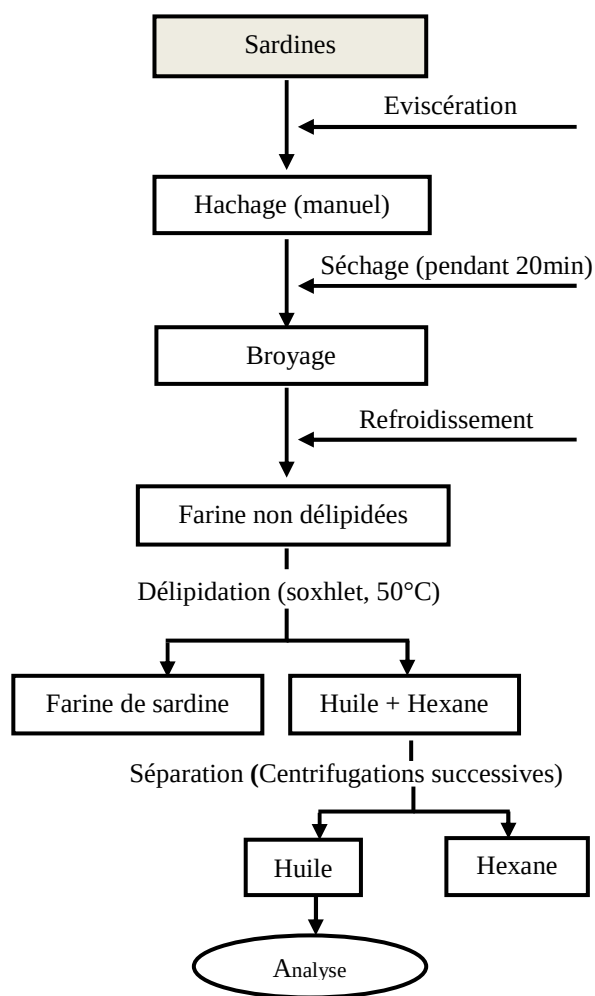


Figure. 2: Procédé d'obtention d'huiles et de farines de poisson.

3. Résultats et discussions

Les produits issus de cette valorisation sont : l'huile notée HDGP et la farine de poisson. Le tableau 2 résume les résultats d'extraction (extraction par soxhlet) des déchets de poisson exprimés en pourcentage massique. L'hexane est utilisé comme solvant.

Tableau 2 : Résultats d'extraction.

Taux d'humidité	67%
Matières premières (Farine non délipidée)	33%
Rendement	42.33%
Farine de poisson	57.67%

Les résultats montrent que le rendement maximal est de 42% environ pour la phase liquide (biocarburant) et de 58% pour la farine de poisson (la matière solide). L'huile de poisson a une couleur marron, avec une odeur typique de poisson. La farine de poisson est la première source de protéines utilisée pour l'alimentation des animaux en raison de ses hautes qualités nutritives. Une partie importante de ces farines est utilisée pour faire des aliments pour l'aquaculture de poissons. L'autre partie est utilisée pour l'alimentation des poulets. Les farines contiennent en général de 65 à 67% de protéines. Elles possèdent de bonnes valeurs nutritives.

Il en résulte qu'à partir d'une masse brute de 100kg de ces déchets de poisson on peut extraire approximativement une quantité de 13,7 litres d'huile et environ 20 kg de farine de poisson.

3.1. Bilan énergétique

L'huile produit HDGP par le procédé d'extraction est analysé par la détermination de leurs propriétés physicochimiques. Le laboratoire est équipé de certains appareils spécifiques pour la caractérisation physiques et chimiques de cette matière produit. Le tableau 3 illustre certaines caractéristiques physico-chimiques de l'huile obtenue après l'extraction des DGP comparativement aux normes européennes.

Tableau 3 : Propriétés de l'huile de poisson produit.

Propriétés	Unité	HDGP	EN 14214 [24]
Densité à 15 °C	g/cm^3	0.923	0.860 - 0.900
Acidité	$mg\ KOH / g\ huile$	31.4	0.5
Viscosité cinématique à 40°C	mm^2/s	4.13	3.5 – 5
Point d'éclair	°C	-	>120
PCI	MJ/kg	40.64	42.5 [14]

L'huile produit HDGA possède des propriétés similaires (en termes de densité, viscosité, et pouvoir calorifique) à celles du biocarburant (selon les normes européennes). Cependant, l'huile extraire obtenu présente une acidité élevée, comparativement aux normes. En effet, l'acidité élevée (indice d'acide $\approx 17-142$, Wierggers et al. 2009 [25]) de cette huile risque d'endommager les éléments en cuivre et/ou chrome dans le moteur. Il s'en suivra une corrosion chimique qui détériorera inévitablement ces éléments.

Donc, la réduction de l'acidité de cette huile est donc indispensable. Dans ce sens, de nombreuses recherches ont été effectuées et différentes technologies de raffinage et de valorisation des l'huiles ont été proposées. Parmi ces techniques nous citons le pyrolyse catalytique [22, 27, 28], les résultats de ces dernières références, montrent que l'indice d'acidité du produit liquide organique est fortement influencé par le type de catalyseur utilisé. De plus, le traitement avec le carbonate de sodium (Na_2CO_3) est le plus convenable de point de vue réduction de l'acidité qui est d'environ 60%. Cependant, ce catalyseur est actif pour des températures allant de 400°C à 450°C. Dans cet intervalle de température, l'indice d'acidité des phases organiques obtenues en utilisant ce catalyseur est inférieur à 0,8 mgKOH/ghuile [22]. Bien que cette technique soit simple à mettre en œuvre, celle-ci présente des inconvénients au niveau du matériel premier utilisé c'est-à-dire de point de vue expérimental. L'autre technique est estérification, cette dernière consiste en une réaction chimique qui tend à transformer un acide, en présence d'un alcool (généralement l'éthanol ou méthanol), et d'un catalyseur liquide (acide sulfurique par exemple) pour former un ester et de l'eau. L'estérification catalytique est une méthode très connue, couramment pratiquée et utilisée pour réduire la teneur en acide carboxylique des huiles.

Pour cette étude nous avons donc effectué un post traitement afin de réduire cette acidité, en utilisant la technique d'estérification, un biocarburant substitué au gazole ordinaire par valorisation de déchets de poissons, et pour plus de détail sur ce procédé consulté les références [8, 19]. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Propriétés de biocarburant final.

Propriétés	Unité	Biocarburant final	EN 14214 [24]
Densité à 15 °C	g/cm^3	0.881	0.860 - 0.900
Acidité	$mg\ KOH / g\ huile$	0.4	0.5
Viscosité cinématique à 40°C	mm^2/s	3.73	3.5 - 5
Point d'éclair	°C	-	>120
PCI	MJ/kg	41.4	42.5 [14]

Donc, après la pyrolyse catalytique le biocarburant final présente des propriétés proches de celui du biocarburant et du gazole.

Conclusion

Dans ce travail, nous avons étudié la valorisation des déchets gras de poisson en tant que carburant diesel. Il ressort qu'ils constituent un gisement intéressant en termes de valorisation énergétique. En effet, ce travail indique qu'il est tout à fait possible d'extraire environ 42% en masse d'huile à partir des déchets (Farine non délipidée) de la sardine considérée comme pro-type. Le reste étant en grande partie d'eau 67% et une farine 33% qui pourra servir comme aliments pour animaux.

L'extraction HDGP au solvant, bien qu'efficace et de haute technologie est coûteuse et ne peut pour le moment être applicable à des utilisations demandant beaucoup d'huile, mais pour des raisons de recherche on peut utiliser afin de produire des petites quantités.

Pour avoir un bon rendement à l'extraction il existe d'autres méthodes comme les presses manuelles et hydrauliques qui sont généralement utilisées. Demandant un grand effort physique, ces presses tendent aujourd'hui à être remplacées par les presses mécaniques et à vis motorisées et pouvant produire des quantités plus ou moins importantes d'huile par jour. D'autre part, certaines populations rurales produisent également les huiles en faisant bouillir la matière initialement pilée ou écrasée dans de l'eau. L'huile produite recueillie à la surface de l'eau est ensuite séparée.

Donc, La valorisation énergétique des déchets gras est un moyen qui peut résoudre certains problèmes environnementaux liés à la décharge de ces déchets. Les caractéristiques physiques et chimiques de DGP ont été déterminées pour faire ressortir celles qu'il adapter ou modifier pour que celle huile soit utilisée comme carburant dans le moteur.

Ainsi, ces résultats nous encouragent pour un travail de recherche approfondi dans cette direction afin de déterminer une procédure économique énergétiquement et financièrement pour fabriquer un biodiesel qui sera testé sur un moteur diesel avec analyse des performances mécaniques, de consommation énergétique et d'émissions de polluants. Enfin le biodiesel reste un carburant sûr, non toxique, biodégradable et renouvelable qu'on gagnerait à utiliser dans les moteurs diesel non modifiés ainsi que dans diverses applications à base de combustibles.

Perspectives

Ce travail a été effectué au niveau des laboratoires de recherche LNCM et LTE dans le cadre de la valorisation des déchets de poisson. Il est dorénavant envisagé de la développer à l'échelle semi-industrielle.



Figure. 3: Huile et la Farine de poisson récupérées après extraction.

Références

- [1] Mustafa Balat, Havva Balat, « A critical review of bio-diesel as a vehicular fuel», *Energy Conversion and Management*, V49, Pages 2727–2741, 2008.
- [2] Pedro Benjumea, John Agudelo, Andres Agudelo, « Basic properties of palm oil biodiesel–diesel blends», *Fuel*, Vol87, Pages 2069–2075, 2008.

- [3] Nadia MRAD, Fethi ALOUI, Mohand TAZEROUT, Sassi Ben NASRALLAH, « valorisation des graisses animales comme biocombustibles pour moteurs diesel », http://www.sft.asso.fr/Local/sft/dir/user-3775/documents/actes/Congres_2010/communications/51.pdf
- [4] Nadia MRAD, « Valorisation des déchets graisseux de poisson en biocombustible pour moteur diesel », *thèse de doctorat*, 2011, Université de Nantes, France.
- [5] K. Purushothaman, G. Nagarajan, «Performance, emission and combustion characteristics of a compression ignition engine operating on neat orange oil», *Renewable Energy*, Vol34, Pages 242–245, 2009.
- [6] Ndayishimiye P, Naima K, Liazid A, Tazerout A, « Performance and Emission Characteristics of a DI Compression Ignition Engine Operated on PODL Bio-fuel ». *Journal of Renewable Energy Technology*, In press.
- [7] Bousbaa H, Sary A, Liazid A, Tazerout M. «Investigations on a CI engine using Animal Fats and Vegetable Oil as fuels». *ASME Transaction, JERT*, Vol134, 2012.
- [8] Sary A, Paraschiv M, Tazerout M. Biodiesel elaboration from municipal fat wastes». *Environment Engineering and Management Journal*; Vol 9; n° 10, Pages1347-1350, 2010.
- [9] Mohamed M. El-Awad and Talal F Yusaf, «Performance and Exhaust Emission of a Diesel Engine Using Crude Palm Oil as Fuel Extender», *Journal of Energy & Environment*, Vol3, Pages 61–68, 2004.
- [10] Senthil Kumar M, Kerihuel A, Bellettre J, Tazerout M. « Experimental investigations on the use of preheated animal fat as fuel in a compression ignition engine ». *Renewable Energy*, Vol 30, Pages1443-56, 2005.
- [11] Kerihuel A, Senthil Kumar M, Bellettre J, Tazerout M. «Ethanol animal fat emulsions as a diesel engine fuel – Part 2: Engine test analysis», *Fuel*, Vol85, Pages 2646–2652, 2006.
- [12] Ejaz M. Shahid, Younis Jamal, A review of biodiesel as vehicular fuel, Vol12, Pages 2484-2494, 2008
- [13] Kerihuel A, Senthil Kumar M, Bellettre J, Tazerout M. « Use of animal fats as CI engine fuel by making stable emulsions with water and methanol ». *Fuel*, Vol84, Pages1713-1716, 2005.
- [14] Senthil Kumar, M Kerihuel A, Bellettre J, Tazerout M. « A Comparative Study of Different Methods of Using Animal Fat as a Fuel in a Compression Ignition Engine ». *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, Vol 128, 2006.
- [15] F. Halek, A. Kavousi, and M. Banifatemi, «Biodiesel as an Alternative Fuel for Diesel Engines», *World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol57, 2009.
- [16] Hamed M. El-Mashada, Ruihong Zhanga, Roberto J. Avena-Bustillo, «A two-step process for biodiesel production from salmon oil», *biosystems Engineering*, vol99, Pages 220 – 227, 2008.
- [17] Punyama Jayasinghe, Kelly Hawboldt, «A review of bio-oils from waste biomass: Focus on fish processing waste», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol16, Pages798– 821, 2012.
- [18] Cherng-Yuan Lin, Rong-Ji Li, «Fuel properties of biodiesel produced from the crude fish oil from the soapstock of marine fish», *fuel processing technology*, Vol90, Pages 130-136, 2009.
- [19] Sharanappa Godiganur, Ch. Suryanarayana Murthy, Rana Prathap Reddy, «Performance and emission characteristics of a Kirloskar HA394 diesel engine operated on fish oil methyl esters», *Renewable Energy*, 35, Pages 355-359, 2010.
- [20] Rasim Behçet, «Performance and emission study of waste anchovy fish biodiesel in a diesel engine», *Fuel Processing Technology*, Vol92, Pages 1187-1194, 2011.
- [21] C. Swaminathan, J. Sarangan, «Performance and exhaust emission characteristics of a CI engine fueled with biodiesel (fish oil) with DEE as additive», *biomass and bioenergy*, Vol39, Pages 168-174, 2012.
- [22] Edwin Geo Varuvel, Nadia Mrad, Mohand Tazerout, Fethi Aloui, «Experimental analysis of biofuel as an alternative fuel for diesel engines», *Applied Energy*, Vol94, Pages 224–23, 2012.
- [23] V.R. Wiggers, A. Wisniewski Jr., L.A.S. Madureira, A.A. Chivanga Barros, H.F. Meier, Biofuels from waste fish oil pyrolysis: Continuous production in a pilot plant», *Fuel*, vol88, Pages 2135-2141, 2009.
- [24] DUMAY Justine, « Extraction De Lipides En Voie Aqueuse Par Bioreacteur Enzymatique Combine A L'ultrafiltration : Application A La Valorisation De Co-Produits De Poisson (Sardina Pilchardus) », *Thèse de DOCTORAT*, Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes, 2006.
- [25] J.M. Encinar, N. Sánchez, G. Martínez, L. García, «Study of biodiesel production from animal fats with high free fatty acid content», *Bioresource Technology*, Vol102, Pages 10907-10914, 2011.
- [26] V.R. Wiggers, A. Wisniewski Jr., L.A.S. Madureira, A.A. Chivanga Barros, H.F. Meier, «Biofuels from waste fish oil pyrolysis: Continuous production in a pilot plant», *Fuel*, Vol88, Pages 2135-214, 2009.
- [27] Levent Dandik, H. Ays,e Aksoy, «Pyrolysis of used sunflower oil in the presence of sodium carbonate by using fractionating pyrolysis reactor», *Fuel Processing Technology*, Vol57, Pages 81-92, 1998
- [28] Xu Junming, Jiang Jianchun, Sun Yunjuan, Chen Jie, «Production of hydrocarbon fuels from pyrolysis of soybean oils using a basic catalyst», *Bioresource Technology*, Vol01, Pages 9803-9806, 2010.