

Microalgae ---> Biodiesel



Éléments de Base

Les Algues

- Que sont les algues?
- D'où viennent-elles

Nous avons tous vu ces mousses vertes gluantes dans les étangs, lacs ou piscines. Elles sont appelées algues.

Les algues sont partout. Plus de 30.000 variétés ont été découvertes. Les savants ont trouvé que les algues sont là depuis au moins deux milliards d'années. Elles croissent dans tout habitat sur terre, tant que l'eau et la lumière du soleil sont là, même si l'eau n'est là que pour un temps très bref. Elles peuvent survivre dans des conditions environnementales sévères, depuis les montagnes enneigées et les glaciers, jusqu'au sources chaudes bouillantes et les eaux extrêmement salées. Néanmoins, dans notre cas, nous nous limiterons aux différents modes de culture des algues.

Les algues sont considérées comme de simples plantes primitives. Certaines sont formées d'une ou deux cellules. La plupart d'entre elles fabriquent leur propre nourriture par photosynthèse en utilisant la lumière du soleil, l'eau et le dioxyde de carbone - tout à fait comme les autres plantes. Elles contiennent aussi de la chlorophylle et produisent de l'oxygène, en grandes densités elles sont appelées floraison d'algues.



Le Biocarburant

- Pourquoi le biocarburant?
- Quels en sont les types?

L'instabilité politique et sociale, ainsi que les troubles dans certains pays producteurs de pétrole dans un proche passé ont mené souvent à des sommets des prix. D'un autre côté, le besoin de réduire les GES dus à la combustion des carburants fossiles et dans le but de préserver notre terre, eau, air... nous a fait comprendre que nous devons trouver de nouvelles alternatives durables et locales aux carburants provenant de pétrole.

La combustion des carburants fossiles comme le pétrole ou le charbon augmentent la pollution et le dioxyde de carbone, un gaz à effet de serre. L'usage des biocarburants comme carburant alternatif aidera à réduire le taux de dioxyde de carbone.

Il y a trois types ordinaires de biocarburants pour le transport en Europe.

Biodiesel : les microalgues sont impliquées dans la production du biodiesel.

Bioéthanol : les microalgues à haute teneur en sucre seront choisies.

Biogaz : le méthane est le principal ingrédient. Le gaz méthane peut être produit à partir de microalgues à haute teneur de sucre.

Les Microalgues peuvent être la Solution

L'un des soucis grandissant de la société d'aujourd'hui, est l'usage des carburants d'origine fossile dans le secteur des transports. C'est un fait qui accroît la prise de conscience de la société du besoin urgent de trouver des alternatives. Il est crucial pour notre sécurité énergétique que nous développons des sources locales à long terme des carburants des transports. Le biodiesel est l'une de ces sources. Il alimentera un secteur énergétique auto-suffisant amélioré ; néanmoins une large pénétration sur le marché est sous la contrainte du besoin de générer assez de matières premières pour le produire.

La solution à ces défis incroyables Les algues - Des plus vieux organismes sur terre !

Récemment, les algues se présentent comme l'une des sources durables, les plus prometteuses à long terme, de la biomasse et des huiles pour les carburants, la nourriture, le fourrage et autres sous-produits.

Voici quelques arguments:

- Les algues croissent rapidement
- Les algues consomment du CO₂
- Les algues ne font pas la concurrence à l'agriculture
- Les algues peuvent purifier les eaux usées
- Les algues peuvent être utilisées pour le Biocarburant
- Les algues peuvent être utilisées pour le fourrage, l'alimentation et beaucoup de produits utiles
- L'industrie des algues est un moteur de création d'emplois



• Les algues peuvent doubler leur nombre chaque quelques heures, et elles peuvent être récoltées quotidiennement. Elles ont le potentiel de produire un volume de biomasse et de biocarburant plusieurs fois plus grand que celui d'autres récoltes productives.

• Les algues, lorsqu'elles croissent utilisant la lumière du soleil, consomment (ou absorbent) du dioxyde de carbone (CO₂) tout en relâchant de l'oxygène (O₂) nous permettant de respirer. Pour une grande productivité, le besoin de CO₂ peut être fourni par les sources d'émissions comme les groupes électrogènes, les installations d'éthanol et d'autres sources.

• La culture des algues utilise à la fois une terre qui, dans beaucoup de cas, est impropre aux cultures traditionnelles, et des sources d'eaux inutilisables pour d'autres récoltes, comme l'eau de mer et les eaux usées. Ainsi les carburants provenant des algues peuvent être complémentaires des carburants fabriqués à partir des processus agricoles traditionnels.

- Les algues prospèrent dans les eaux riches en nourriture telles les eaux usées municipales, la bouse des animaux et certains déchets industriels, purifiant en même temps ces déchets tout en produisant une biomasse propre à la production des biocarburants.
- Les microalgues emmagasinent l'énergie sous forme d'huiles et d'hydrates de carbone, qui, combinés avec leur grande productivité, signifie qu'elles peuvent produire de 2.000 jusqu'à 5.000 gallons par arpent (acre) par an. L'un des avantages clés de l'utilisation des algues comme matière première pour les biocarburants est qu'elles peuvent être utilisées pour produire différents types de carburants. Que ce soit du biodiesel, éthanol, carburant bio-jet, essence verte, les algues ont la capacité de satisfaire nos besoins pour les transports.
- Les microalgues peuvent être cultivées pour avoir une haute teneur en protéines, qui peuvent être utilisées pour produire du fourrage. En plus, la biomasse à partir des microalgues, est déjà utilisée pour les suppléments diététiques. Les algues peuvent être cultivées pour produire une variété de produits pour de grands ou petits marchés : plastiques, fourrage chimique, lubrifiants, engrais et même des cosmétiques.
- Après l'extraction de l'huile, le résidu de la biomasse des algues peut être séché et comprimé et utilisé comme carburant qui est brûlé dans les chaudières industrielles ...
- Les algues peuvent croître dans une large variété de climats en une multitude de méthodes de production, depuis les étangs aux photobioréacteurs aux fermenteurs, et cela créera une grande variété d'emplois depuis la recherche jusqu'à l'ingénierie, depuis la construction jusqu'à l'exploitation agricole et depuis le marketing jusqu'aux services financiers.

Production des Microalgues- Biodiesel

Produire le biodiesel et l'éthanol à partir des microalgues n'est pas compliqué. L'utilisation des microalgues comme source pour la production du biodiesel exige une nouvelle chaîne de livraison, qui peut assurer une quantité et une qualité suffisantes.

Les Etapes de Production

- Choisir les cellules de microalgues pour leur teneur en huile.
- Croissance des microalgues
- Extraire l'huile des microalgues en utilisant des moyens chimiques ou en pressant les cellules avec un équipement scientifique.
- Convertir l'huile en biodiesel chimiquement.

Les Défis de la Production

Il y a deux types de défis selon les procédés :

- Défis biologiques
- Défis techniques

Le savais-tu ?



Des exemples de défis biologiques comprennent l'augmentation du rendement en huile des algues, l'ingénierie génique des genres d'algues et l'aide à certaines variétés d'algues à survivre dans des habitats qui ne leur sont pas naturels.

Les défis techniques comprennent la fabrication des photobioréacteurs, des étangs du circuit et des centrifugeuses plus efficaces.



Trois éléments clés : l'eau, la lumière et l'emplacement déterminent quels types d'algues peuvent être produits. La température et le climat de l'emplacement des microalgues auront un effet certain sur les décisions au sujet du type de système de culture à utiliser.

Pas de recettes générales à suivre
Les études des critères d'adaptation des microalgues locales sont indispensables!

Les études libanaises locales basées sur les résultats du projet* Med-Algae seront montrées comme exemples.

Les défis biologiques: Sélection des types de microalgues

Les microalgues contiennent de l'huile dans leur cellule. C'est cette huile qui peut être utilisée pour fabriquer du biodiesel. De plus, la culture et l'utilisation des microalgues peuvent fournir la solution ultime, car celles-ci ont un rendement de production d'huile plus élevé que celui des récoltes conventionnelles. Les savants ont identifié des milliers de formes d'algues, mais certaines variétés d'algues sont plus convenables pour la production de biocarburants que d'autres à cause de leur haut rendement en huile et d'autres qualités. Les caractéristiques de la variété (taux de croissance, teneur en huile, tolérance à l'huile) doivent être prises en considération tout aussi bien que le climat dans lequel les algues croîtront. Par conséquent, les savants qui fabriquent le biodiesel essaient d'identifier les espèces de microalgues qui ont le plus d'huile dans leurs cellules et aussi les microalgues qui croîtront le mieux dans leur environnement. Certaines microalgues contiennent une grande quantité d'huile, mais sont très fragiles et ainsi croîtront mal en grandes quantités.

Le diagramme ci-dessous (fig.1) montre le pourcentage de lipides contenu dans les microalgues selon les lieux des cultures et de floraison d'algues le long des côtes libanaises et certaines eaux douces (FW). Sur la base des études du projet Med-Algae* menées par l'Université Américaine de Beyrouth (AUB), seulement trois types d'algues locales ont été trouvés semblables à la production potentielles du biodiesel comme échantillon de référence parmi les 40 cultures qui furent ramassées des régions côtières.

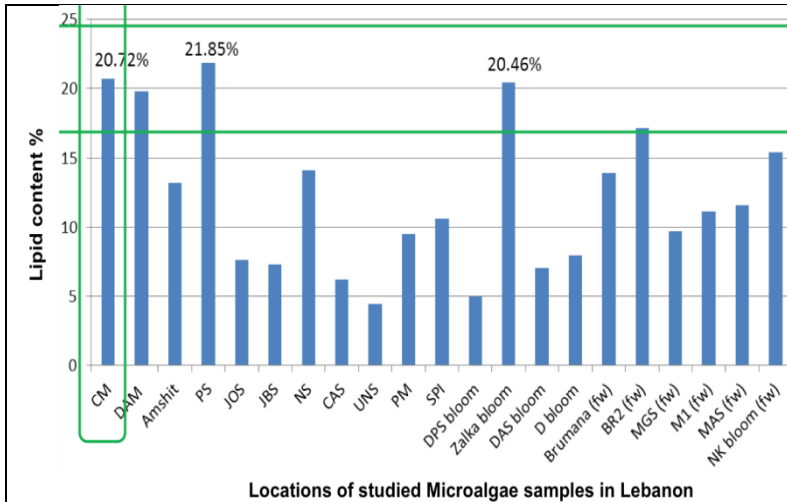


Fig.1: % de lipides contenus dans les microalgues selon les échantillons (cultures et fleurs d'algues) ramassés le long des côtes libanaises.

Fig.2: Carte du Liban avec les zones étudiées.

Les défis d'ingénierie : les Méthodes de production

Les étapes de la chaîne complète de production de carburant à partir des microalgues : échantillonnage de l'eau de mer ou de l'eau douce, sélection des microalgues, caractérisation de l'espèce, culture des microalgues, récolte, extraction de l'huile, propriétés du biodiesel selon la norme EN14214. Diverses approches des étangs et des systèmes de croissance contenue, de la photosynthèse et de la fermentation sans lumière, de la modification génétique des algues, de l'optimisation des méthodologies relatives à la lumière, l'eau, le dioxyde de carbone, de la récolte, et des techniques pour enlever l'eau et extraire l'huile pour les carburants d'algues, sont toujours en cours de développement et de perfectionnement afin d'abaisser le coût de production. Seulement certaines de ces approches sont en cours de commercialisation. Les coûts relatifs aux investissements d'infrastructure à grande échelle, tout autant que les besoins d'une nouvelle chaîne de valeur auront un effet sur le coût efficacité comparé aux carburants fossiles.

En effet, il y a une course vers le marché!



Les sociétés des algues utilisent différents systèmes pour faire croître les algues, y compris des étangs à ciel ouvert, des étangs couverts, des canaux et des bioréacteurs. L'analyse* présentée ici indique le coût de production d'une usine de biodiesel d'algue limitée à des systèmes de croissance par étang à ciel ouvert et photo-bioréacteurs.

| | Coût en capital | Coût de fonctionnement 1 |
|--|---------------------------------------|------------------------------------|
| <i>Etang à ciel ouvert</i> | €110,000-€135,000 par hectare | €13,000-17,000 par hectare par an |
| <i>Photobioréacteurs</i> | €1.3 million par hectare | €40,000-45,000 par hectare per an |
| <i>Filtration par tambour</i> | Environ €0.18 par 4000 litres annuels | Environ €90 par 4 millions litres |
| <i>Centrifugation</i> | Environ €0.45 par 3800 litres annuels | Environ €900 par 4 millions litres |
| <i>Extraction Utilisant une presse d'huile</i> | 0.12 € par litre annuel | € 30 / T |
| <i>Extraction par solvant</i> | 0.26 € par litre annuel | € 50 / T |
| <i>Transesterification</i> | €0.13 par litre annuel | €0.06 par litre |

Table 1 : Capital (construction de l'étang, pompes, roués à aubes, tuyauterie et valves, cadres, canaux, bâtiments centraux, coût de la serre ou infrastructure de couverture dans le cas d'un étang couvert).

Le coût total de production de biodiesel est la somme des coûts de culture, récolte, extraction de l'huile et transesterification. La table 2 présente le coût mis à niveau pour les différentes options de combinaisons à chaque étape.

| Coût mis à niveau pour chacune des 16 combinaisons | | |
|---|--------------------------------------|----------------------|
| combinaison | Etang à ciel ouvert (€ par litre) | PBR (€ par litre) |
| Centrifugeuse + Presse d'expulsion + Transesterification | 2.173 | 4.322 |
| Centrifugeuse + Solvant Hexane + Transesterification | 2.204 | 4.353 |
| Flocculation + Presse d'expulsion + Transesterification | 2.038 | 4.255 |
| Flocculation + Solvant Hexane + Transesterification | 2.070 | 4.286 |
| Flottation + Presse d'expulsion + Transesterification | 1.555 | 4.014 |
| Flottation + Solvant Hexane + Transesterification | 1.587 | 4.046 |
| Filtration par tambour+ Presse d'expulsion + Transesterification | 1.534 | 4.002 |
| Filtration par tambour + Solvant Hexane + Transesterification | 1.565 | 4.034 |

Table 2: Coût mis à niveau pour les différentes options de combinaisons à chaque étape.

Tous les coûts ci-dessus ont été calculés sur la base des coûts des étapes constitutives. Dans les scénarios réels, il pourrait y avoir d'autres coûts cachés qui ne sont pas entièrement publiés ou ne sont pas bien connus à ce stade.

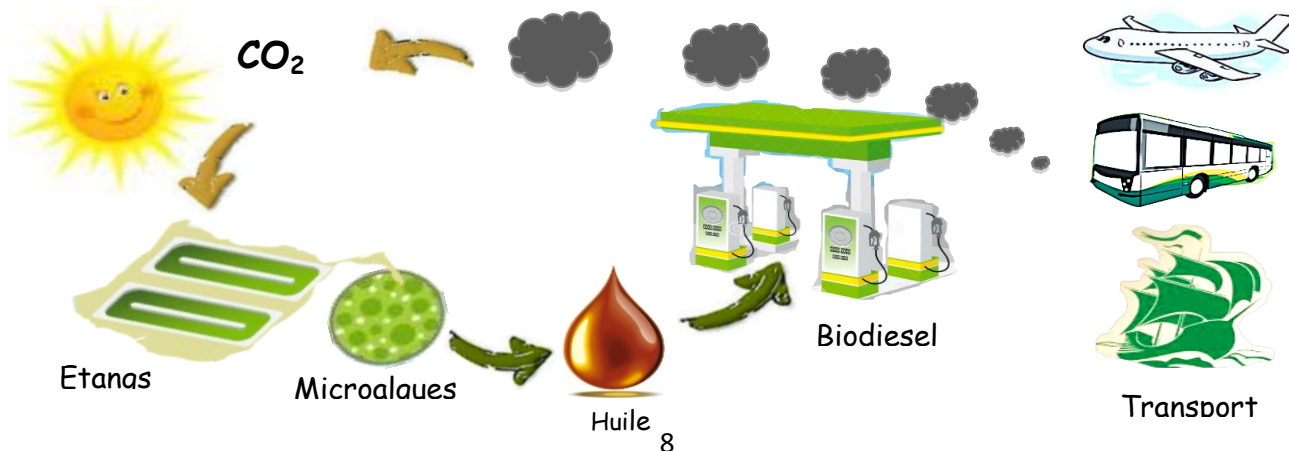
Basé sur les calculs de l'ALMEE pour les deux types de cultures : étangs à ciel ouvert avec des résultats expérimentaux actuels des installations du projet Med-Algue à l'Université Américaine de Beyrouth 9 g/m²/an et étangs à ciel ouvert avec des résultats améliorés 20 g/m²/an, nous présentons dans la table 3 un sommaire économique pour la production de 5% des besoins du Liban en carburant diesel : si le Liban exige que 5% du carburant diesel soit du biodiesel, nous avons besoin donc de 90 millions de litres de biodiesel soit 78.000 tonnes.

| | Etangs à ciel ouvert | Algues améliorées |
|---|----------------------|-------------------|
| Nombre total d'hectares | 1730 hectares | 774 hectares |
| Coût en capital (vie de l'usine 30 ans) | 190 million € | 85 million € |
| Coût de fonctionnement par an | 22 million € | 9.9 million € |
| Coût (récolte+ extraction de l'huile+conversion) par an (y compris l'amortissement de l'investissement) | 139 million € | 139 million € |
| Coûts totaux par an | 161 million € | 148.9 million € |
| Coût de chaque litre de biodiesel | 1.79 € | 1.65 € |
| Supposant que le prix de vente d'un litre de biodiesel=1 Euro (prix subventionné), revenu total annuel | 90 million € | 90 million € |
| Net annual results | -71 million € | -58.9 million € |

Table 3: Sommaire économique pour la production de 5% des besoins du Liban en carburant diesel

Le produit fini peut être utilisé tel quel comme biodiesel pur, mais aussi il peut être mélangé au carburant diesel ordinaire et utilisé directement dans les voitures. Il y a du biodiesel dans la plupart des carburants diesel minéraux en vente en Europe, mais cela fait moins que 5% à moins que ce soit clairement indiqué. La commercialisation des produits annexes tels que Omega3 et autres pour la cosmétique et diététique pourrait rendre la production des microalgues rentable.

Microalgae --> Biodiesel: Procédé de Production



Basics

Algae

- What are algae?
- Where did they come from?

We've all seen those slimy green scum on ponds, lakes, or pools. they are called algae.

Algae are everywhere. More than 30,000 varieties have been discovered, and scientists have found that algae have been around for at least two billion years. They grow in every habitat on earth, as long as water and sunlight are found there, even if the water is present for a very short time. They can survive in severe environments, from icy mountain and glaciers, to boiling hot springs, and to excessively salty water. However, and in our case, we will limit ourselves to the different cultivation systems of algae.

One alga is microscopic; masses of hundreds of millions of algae are called algae. Algae are traditionally considered to be simple primitive plants. Some are made of only one or two cells. Most Algae make their own food materials through photo synthesis using sunlight, water, and carbon dioxide - just like any other plant. While they also contain chlorophyll and produce oxygen, in very high densities they are called algal blooms.



Biofuel

- Why Biofuel?
- What are the types?

The social and political instability and turmoil in some oil producing countries in the past few years lead to frequent price spikes. On the other hand, the need to reduce greenhouse gases due to the burning of fossil fuels and in order to preserve our land, water, air ... have all made it clear that we must find new, sustainable and domestic alternatives to petroleum fuel.

The burning of fossil fuels such as petrol or coal increases pollution and carbon dioxide, a greenhouse gas. Using biofuels as alternative fuel would help reducing the amount of carbon dioxide and pollution in the atmosphere. These biofuels are described as "carbon neutral".

There are three common types of transport biofuels in Europe. **Biodiesel fuel:** Microalgae are involved in the production of biodiesel.

Bioethanol fuel: Microalgae that contain a lot of sugar are chosen.

Biogas fuel: Methane is the main ingredient. Methane gas can be produced by using microalgae with a high sugar content.

How Microalgae could provide the Solution?

One growing concern of today's society is the use of fossil based fuels in the transport sector. A fact that increased the society awareness of the pressing need to find alternatives. It is crucial to our energy security that we develop long-term, domestic sources of transportation fuels. Biodiesel is one such source. It will provide an enhanced self-sufficiency energy sector; however its wide penetration in the market is constrained by the need to generate enough feedstock to produce it.

A solution to these incredible challenges Algae - The Earth's oldest organisms!

Recently, algae are emerging to be one of the most promising long-term, sustainable sources of biomass and oils for fuel, food, feed, and other co-products.

Here are some reasons:

- **Algae Grow Fast**
- **Algae Consume CO₂**
- **Algae Do Not Compete With Agriculture**
- **Algae Can Purify Wastewaters**
- **Algae Can Be Used for Biofuel**
- **Algae Can Be Used for Feedstock, Food and many useful products**
- **Algae Industry is a Job Creation Engine**



- Algae can double their numbers every few hours, can be harvested daily, and have the potential to produce a volume of biomass and biofuel many times greater than that of most productive crops.
- Like any other plant, algae, when grown using sunlight, consume (or absorb) carbon dioxide (CO₂) as they grow, releasing oxygen (O₂) for the rest of us to breathe. For high productivity, algae require more CO₂, which can be supplied by emissions sources such as power plants, ethanol facilities, and other sources.
- Algae cultivation uses both: land that in many cases is unsuitable for traditional agriculture, as well as water sources that are not useable for other crops, such as sea-, brackish- and wastewater. As such, algae-based fuels complement biofuels made from traditional agricultural processes.
- Algae thrive in nutrient-rich waters like municipal waste waters, animal wastes and some industrial effluents, at the same time purifying these wastes while producing a biomass suitable for biofuels production.



- Microalgae store energy in the form of oils and carbohydrates, which, combined with their high productivity, means they can produce from 2,000 to as many as 5,000 gallons biofuels per acre per year. One of the key advantages of using algae as a feedstock for biofuels is that they can be used to produce many different types of fuel. Whether it's biodiesel, ethanol, bio-jet fuel, green gasoline, or others, algae have the ability to meet our transportation fuel needs.
- Microalgae can be cultivated to have a high protein content, which can be used to produce animal feeds. In addition, microalgal biomass, which is rich in micronutrients, is already used for dietary supplements to advance human health. Algae can be cultivated to produce a variety of products for large to small markets: plastics, chemical feed stocks, lubricants, fertilizers, and even cosmetics.
- After oil extraction, the remaining algal biomass can be dried and pelletized and used as fuel that is burned in industrial boilers and other power generation sources.
- Algae can grow in a wide variety of climates in a multitude of production methods, from ponds to photobioreactors to fermenters, and thus will create a wide variety of jobs, from research to engineering, from construction to farming, from marketing to financial services.

Microalgae- Biodiesel Production

Producing biodiesel and ethanol from microalgae is not complicated. Indeed, The use of microalgae as a source for biodiesel production requires the establishment of a new delivery chain, which can secure sufficient quantity and quality.

Production steps

- **Select Microalgae cells for their oil content.**
- **Growth of Microalgae.**
- **Remove the oil from the microalgae using chemicals or by squeezing it out of the cells using scientific equipment.**
- **Convert oil biodiesel chemically.**

Did you know it ?

Production challenges

There are two types of challenges with respect to processes:

- **Biological challenges**
- **Technical challenges**



Examples of biological challenges include increasing oil yields from algae, genetic engineering of algal strains and facilitating specific strains of algae to survive in habitats that are not natural to them.

Technical challenges include making photobioreactors, raceway ponds and centrifuges more efficient.



Three Key
element

water, light and location determine what types of algae can be produced. The temperature and climate of the microalgae location will impact decisions relating to the type of cultivation system to use. Algae growth can be improved by using total artificial environment, however, due to the energy losses, it is often not economical since the value of the final product is very high.

No general recipes to be followed

Studies of local microalgae matching required criteria are a must!

Lebanese local studies based on results of Med-algae project* will be shown as examples.

Biological challenges: Microalgae species selection

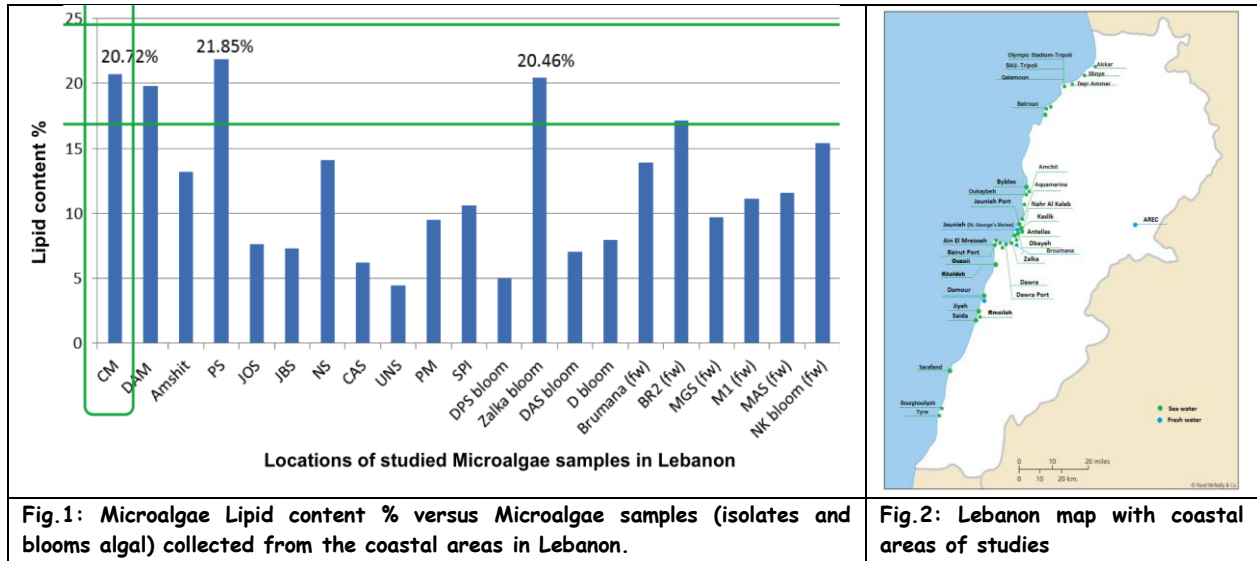
Microalgae contains oil within its cell. This oil can be used to make biodiesel. Further, cultivation and use of microalgae may provide the ultimate solution as microalgae have a higher yield of oil production than conventional crops.

Scientists have identified thousands of forms of algae, but certain algae strains are more suitable for biofuels use than others because of their high oil yield and other qualities.

The characteristics of the strain (growth rate, oil content, salinity tolerance) should be taken into consideration along with the climate in which the algae will be grown.

Therefore, The scientists that make the biodiesel try to identify the species of microalgae that have the most oil within their cells and also the microalgae that grows best within its environment. Some microalgae have lots of oil, but are very fragile and so will not grow well at large scales.

The diagram below (fig.1) shows Microalgae Lipid content percentage versus Locations of isolates and blooms algal along the Lebanese coast and some Fresh water (FW). Based on Med-algae* project studies done by the American University of Beirut (AUB), only three types of local algae had been found similar to biodiesel production potential as a reference sample from the 40 cultures that were collected from the Lebanese coastal areas.



Engineering challenges: Microalgae-fuels production methods

The production of fuel from microalgae full value chain stages: sampling of sea water or fresh water, selection of microalgae, characterization of species, cultivation of microalgae, harvesting, oil extraction, biodiesel properties according to the standard EN14214, upon full scale plants operated. Numerous research centers and companies are pursuing technologies that have potential to drive down the cost of algae fuels production. Various approaches to ponds and contained growth systems, photosynthesis and dark fermentation, genetic modification of algae, optimization methodologies related to light, water, carbon dioxide, harvesting, and techniques to remove water and extract oil for algae fuels are in the process of being developed and perfected. For each approach, different mechanisms, methodologies, and processes are being developed and promoted. Only some of these approaches are in the process of commercialization. Costs related to large scale infrastructure investments, as well as the requirements of establishment of a new value chain must result in cost efficiency compared to fossil fuel.

In effect, there is a race to the marketplace!



Algae companies are using several different systems in which to grow the algae, including open ponds, covered ponds, raceways, and bioreactors.

The analysis* presented here indicates the cost production of an algal biodiesel plant limited to Open pond and Photobioreactors growth systems.

| | Capital Cost | Operating Cost 1 |
|-----------------------------------|--|---|
| <i>Open Ponds</i> | €110,000-€135,000 per hectare | €13,000-17,000 per hectare per annum |
| <i>Photobioreactors</i> | €1.3 million per hectare | €40,000-45,000 per hectare per annum |
| <i>Drum Filtration</i> | Approximately €0.18 per 4000 annual liters | Approximately €90 per 4 millions liters |
| <i>Centrifugation</i> | Approximately €0.45 per 3800 annual liters | Approximately €900 per 4 million liters |
| <i>Extraction Using Oil Press</i> | 0.12 € per annual liter | € 30 / T |
| <i>Solvent Extraction</i> | 0.26 € per annual liter | € 50 / T |
| <i>Transesterification</i> | €0.13 per annual liter | €0.06 per liter |

Table 1: Capital (pond construction, pumps, paddle wheels, piping and valves, frames, channels, central facilities, cost of greenhouse or coverage infrastructure if it is a closed pond) and operating costs for each type of pond.

The total cost of biodiesel production is the sum of the costs for cultivation, harvesting oil extraction, and transesterification. Table 2 gives the levelized cost for various combination options under each stage.

| Levelized cost for each of the 16 combinations | | |
|--|-----------------------------|----------------------|
| combination | Open Pond (€ per liter) | PBR (€ per liter) |
| Centrifuge + Expeller Press + Transesterification | 2.173 | 4.322 |
| Centrifuge + Hexane Solvent + Transesterification | 2.204 | 4.353 |
| Flocculation + Expeller Press + Transesterification | 2.038 | 4.255 |
| Flocculation + Hexane Solvent + Transesterification | 2.070 | 4.286 |
| Flotation + Expeller Press + Transesterification | 1.555 | 4.014 |
| Flotation + Hexane Solvent + Transesterification | 1.587 | 4.046 |
| Drum Filtration + Expeller Press + Transesterification | 1.534 | 4.002 |
| Drum Filtration + Hexane Solvent + Transesterification | 1.565 | 4.034 |

Table 2: Levelized cost for various Combination options under each stage.

All the above costs have been derived based on costs of the constituent stages. In real-life scenarios, there could be other hidden costs that are not entirely published or are well known at this stage.

Based on ALMEE calculations for both types of cultivation: Open ponds with actual experimental results of the project* facilities at the American university of Beirut

9 g/m²/year and open ponds with improved results 20 g/m²/year, we present in the table 3 an economic summary to produce 5% of Lebanon diesel need; if Lebanon will require that 5% of Diesel should be biodiesel, therefore we need 90 million liters of biodiesel or 78000 Tons.

| | Open ponds | Improved Algae |
|--|---------------|-----------------|
| Total number of hectares | 1730 hectares | 774 hectares |
| Capital cost (life of plant 30 years) | 190 million € | 85 million € |
| Operational cost per year | 22 million € | 9.9 million € |
| Cost of (harvesting + oil extraction + conversion) per year (including amortization of investment) | 139 million € | 139 million € |
| Total costs per year | 161 million € | 148.9 million € |
| Cost of each biodiesel liter | 1.79 € | 1.65 € |
| Assuming a selling price of 1 liter Biodiesel =1 Euro (subsidized price), total annual incomes | 90 million € | 90 million € |
| Net annual results | -71 million € | -58.9 million € |

Table 3: Economic summary to produce 5% of Lebanon Diesel Need

The finished product can be used on its own as pure biodiesel but it can be mixed with ordinary diesel and used directly in cars. There is biodiesel in most mineral diesel on sale in Europe but it makes up less than 5% unless otherwise noted. The commercialization of the annexes products for cosmetic and dietetic will make the production of microalgae cost effective.

Microalgae Based Biofuel Process

