

# 8) LES ALGUES MARINES PRODUCTRICES D'HUILE SERVANT DE CARBURANT

- 1) BIORÉACTEURS À MICROALGUES DE GREENFUEL CORPORATION
- 2) CENTRE ALGAL DE BORNSESTEEG(HOLLANDE)
- 3) DIFFÉRENTES TECHNIQUES ET MICRO-ALGUES
  - Production algal extérieur en étang ouvert
  - Production algal extérieur en tube horizontal sur panneau horizontal
  - Production algal en tube horizontal sur panneau vertical sous serre
  - Production algal extérieur en tube horizontal sur panneau vertical et horizontal
  - Production algal extérieur en petite poche verticale
  - Production algal extérieur en panneau vertical
  - Production algal extérieur en panneau incliné
- 4) EN PRATIQUE
  - a) Les algues utilisées
  - b) Système de production de biomasse par micro-algue en tube
  - c) Comparaison des systèmes sur 100 hectares
  - d) Ifremer

# 1) bioréacteurs à microalgues de GreenFuel Corporation



Vue aérienne de la centrale de cogénération (Cogen) du Massachusetts Institute of Technology (MIT) couplée aux bioréacteurs à microalgues de GreenFuel Corporation (en vert sur la photo)

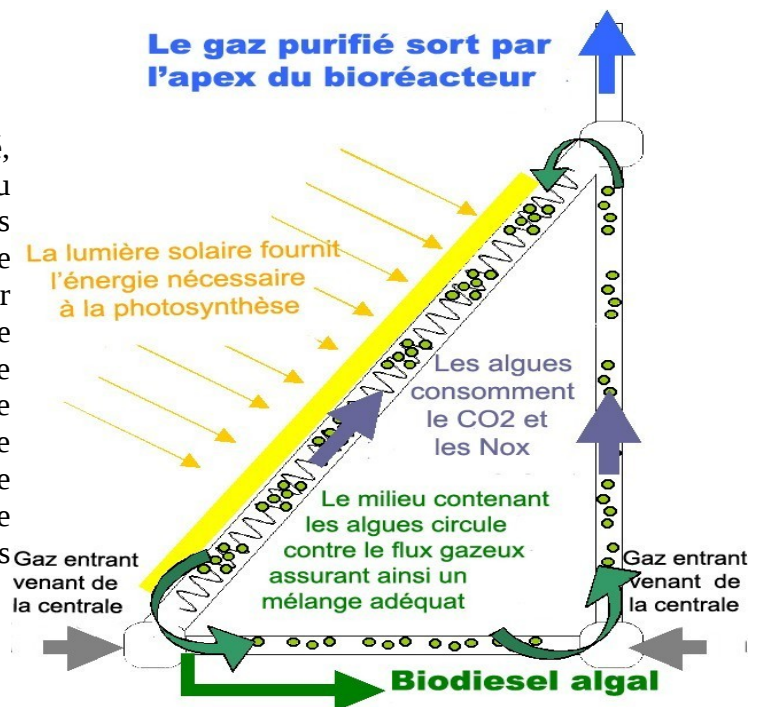


Les panneaux solaires Greenfuel sont déjà vendus en Espagne et en Afrique du Sud. D'immenses projets industriels sont réalisés aux Etats- Unis.

Depuis les années 50, l'université du Massachusetts Institute of Technology travaille sur la question. Et depuis 2004, elle a incubé Greenfuel, une société qui propose des bioréacteurs dans lesquels la solution d'algues peut contenir jusqu'à 80 % de son poids en huile, laquelle sert ensuite

de carburant après un raffinage. Placée en milieu nutritif carencé, l'algue se met à produire des triglycérides (base de l'huile) plutôt que des sucres. Le gaz carbonique constitue la principale source nutritive. Selon les industriels de Greenfuel, un hectare d'algues pourrait produire de 30 à 120 fois plus d'huile qu'un hectare de colza ou de tournesol.

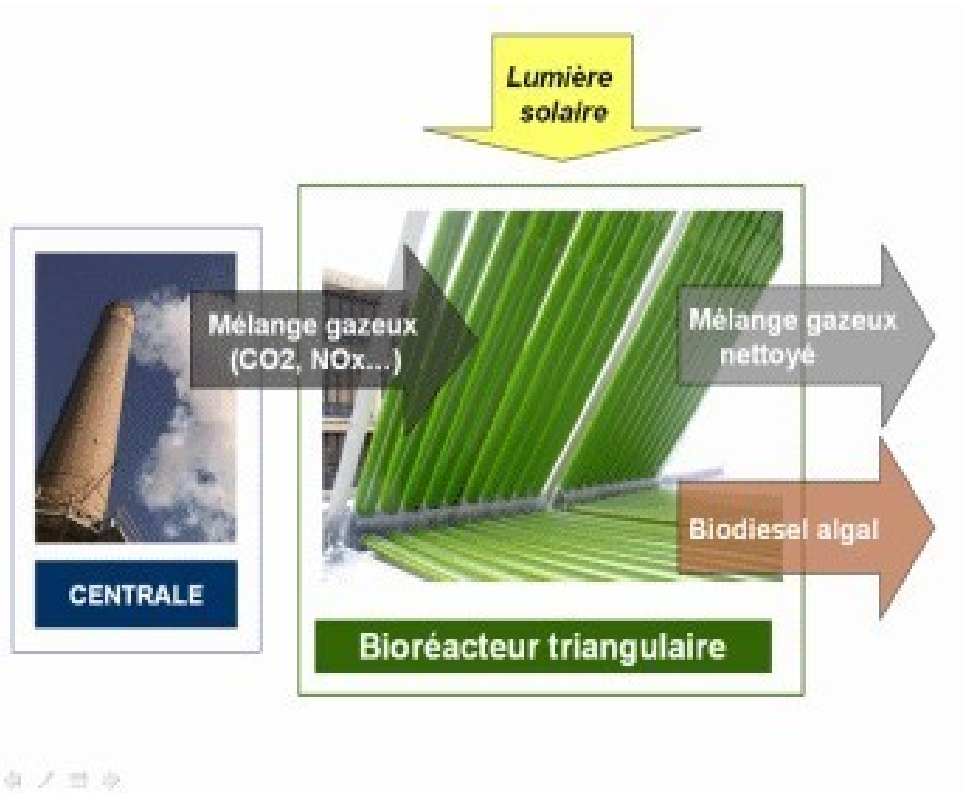
La technique permet, par temps ensoleillé, de recycler jusqu'à 82 % du CO<sub>2</sub> contenu dans les fumées des centrales. Par temps nuageux, le rendement de recyclage tombe à 50 %. Mais la technique du Docteur Isaac BERZIN permet également de recycler 86 % des NO<sub>x</sub> (oxydes d'azote par ailleurs très impactants sur l'effet de serre). Les algues ont une capacité de croissance rapide, ce qui explique le potentiel de production en huile démultiplié par rapport aux cultures oléagineuses.



Ce système a été testé avec succès en couplant des bioréacteurs à la centrale de cogénération (Cogen) de 20MW du Massachusetts Institute of Technology (MIT). Cette innovation technologique est exposée au Museum of Science de Boston depuis juillet 2004.

Le bioréacteur de GreenFuel Corporation a une structure triangulaire constituée de tubes en polycarbonates de 2 à 3 mètres de long et de 10 à 20 cm de diamètre. L'hypoténuse du triangle est exposée au soleil et les deux autres cotés à l'ombre. Des mathématiciens de premier plan ont utilisé des équations mathématiques qui intègrent la vitesse du fluide dans les tubes et la quantité de lumière disponible afin de développer le système le plus performant.

La température est également un facteur critique mais facilement contrôlé : dans le réacteur l'amplitude de variation thermique ne dépasse pas 10°C. Le gaz injecté provient du Cogen avec une teneur classique en CO<sub>2</sub> de 13% ; Ce CO<sub>2</sub> est assimilé par des algues qui ont été sélectionnées selon un protocole utilisé par la NASA; Il ne s'agit pas d'OGMs mais de souches qui se sont habituées aux conditions de culture. Le gaz nettoyé par le bioréacteur sort ensuite par l'apex tandis qu'une partie des algues est quotidiennement drainée et prélevée au niveau inférieur. La biomasse obtenue peut servir à produire du biodiesel, du plastique ou des molécules d'intérêt pharmaceutique. Elle peut également être réintroduite comme combustible dans une centrale thermique. Les algues microscopiques piègent le CO<sub>2</sub> et les NO<sub>x</sub> rejetés par les industries pour produire du biodiesel algal.



## 2) Centre algal de BORNSESTEEG (hollande)

Centre de production algal de BORNSESTEEG à WAGENINGEN, HOLLANDE.  
(agrotechnology & food sciences group- wageningen)



### 3) différentes techniques et micro-algues

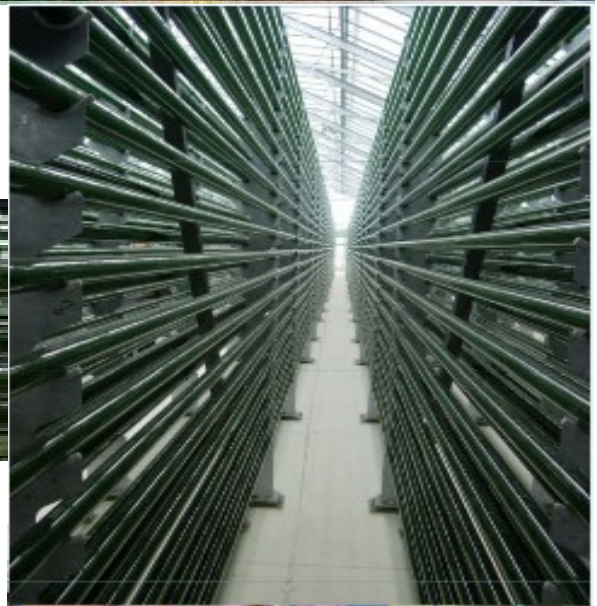
Production algal extérieur en étang ouvert



Production algal extérieur en tube horizontal sur panneau horizontal



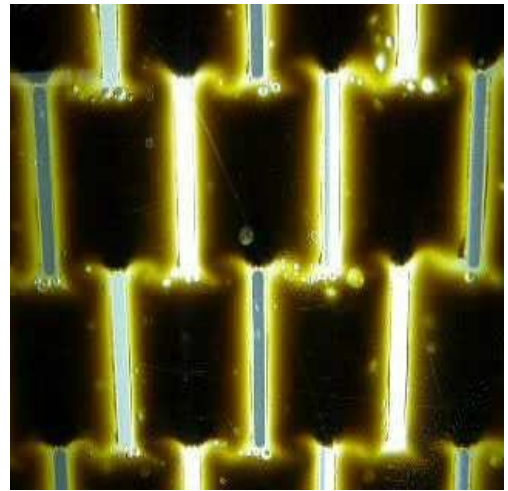
# Production algal en tube horizontal sur panneau vertical sous serre



Production algal  
extérieure en tube  
horizontal sur  
panneau vertical  
et horizontal



Production algal extérieur en petite poche verticale



Production algal extérieur en panneau vertical



Production algal extérieur en panneau incliné

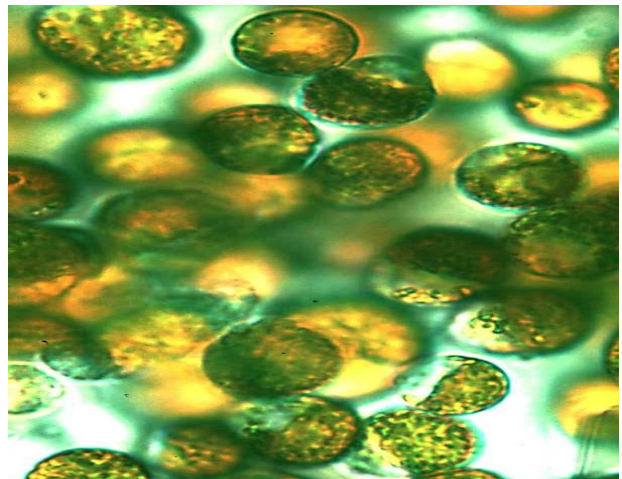


# En pratique

a) Les algues sont très diverses, il existe plus de 200 000 millions d'espèces. Les algues utilisées, ou plutôt les micro-algues marines utilisées sont de différentes couleurs, rouge, verte, marron.



micro-algues vertes



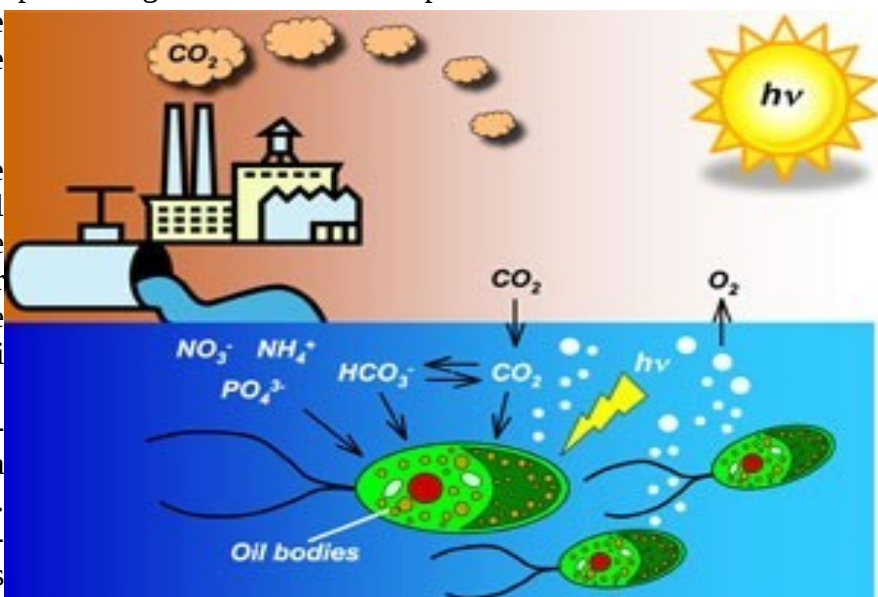
micro-algues rouges

Les micro-algues sont des petites plantes aquatiques unicellulaires de l'échelle du micromètre. Parmi les différentes espèces plusieurs sont riches en lipides de 20-80%, à partir desquelles il est possible de faire du biodiesel. Les micro-algues peuvent être cultivées dans des eaux salées ou saumâtres, ainsi que de l'eau douce. Leur croissance est stimulée par la lumière du soleil, le dioxyde de carbone, l'eau et des nutriments inorganiques comme nitrates, ammonium et phosphate. En tant que tel, les micro-algues peuvent également être utilisés pour éliminer les éléments nutritifs provenant des eaux usées et le dioxyde de carbone des gaz de combustion.

Dans des conditions idéales de croissance, la lumière du soleil peut être stockée sous forme d'énergie chimique à l'intérieur de l'énergie de biomasse. Cette fraction est appelée aussi l'efficacité photochimique.

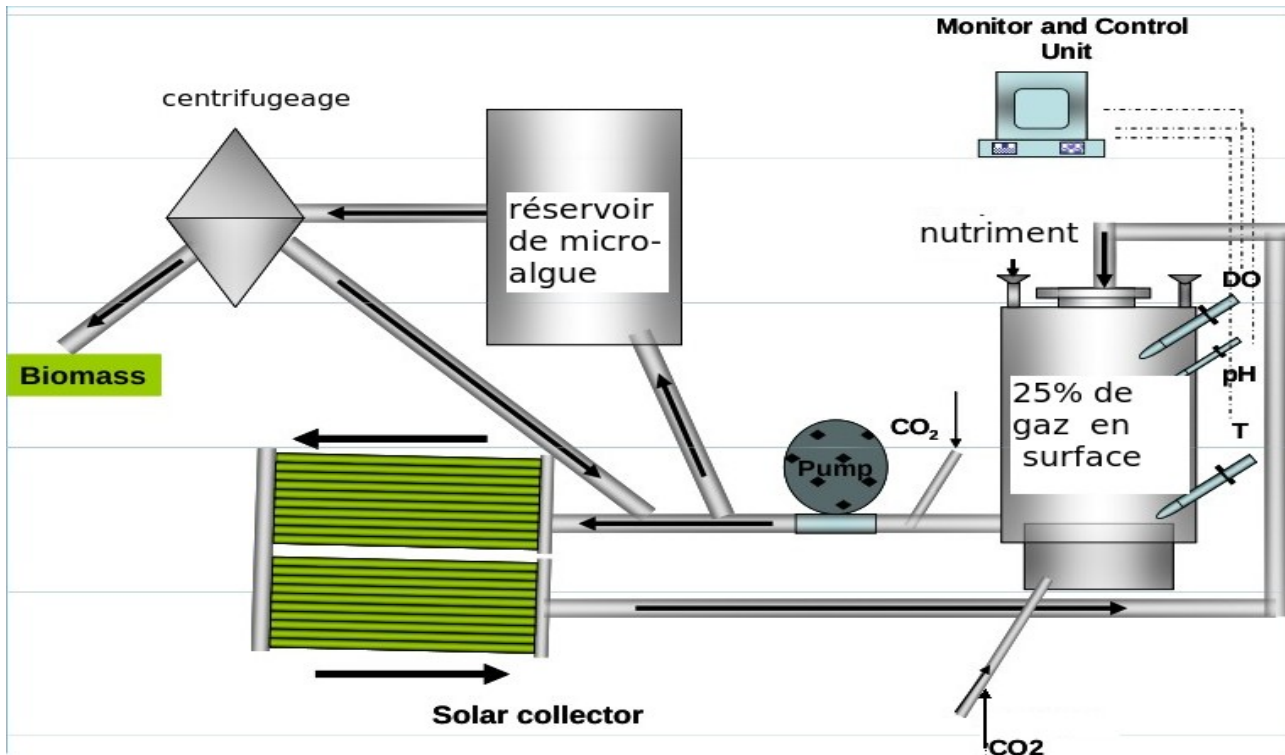
La photosynthèse des micro-algues est presque identique à celle des plantes supérieures. Étant donné que les micro-algues sont unicellulaires leurs conditions de cultures peuvent

être étroitement contrôlées dans des systèmes de cultures spécialisées et, par conséquent, l'efficacité photosynthétique beaucoup plus élevée peut être obtenue: 0,1 - 1% pour les plantes supérieures par rapport à 3 - 5% pour les micro-algues.





## b) Système de production de biomasse par micro-algue en tube



Le biocarburant représente 20 à 80 % de la « **biomass** » et doit être extrait de la « **biomass** ».

## c) comparaison des systèmes sur 100 hectares

agrotechnology & food sciences group- wageningen(hollande)

	Unités	Étang ouvert	En tube horizontal	En panneau vertical	En tube vertical
<b>Biomasse produite</b>	Tonne / an	2071	4141	6363	8575
<b>Rendement de la photosynthèse</b>	%	1,5	3	5	5
<b>Volume de culture</b>	m <sup>3</sup>	4,8	1	2	1,9
<b>Facteur principal de consommation d'énergie</b>	%	Centrifugation 15%	Pompage 46%	Ventilation d'air 24%	Pompage 52%

Les panneaux verticaux et les tubes verticaux semblent les techniques de production les plus intéressantes, il reste encore à définir la hauteur maximale, car l'assimilation des nutriments et du CO<sub>2</sub> est proportionnelle à l'ensoleillement. Plus les micro-algue bénéficient de lumière du soleil pour la photosynthèse, plus la production augmente.

Il reste aussi à réduire les principaux facteurs de consommation d'énergie.



c) Selon M. CADORET d'Ifremer Brest, un des meilleurs spécialistes internationaux de l'algue: « Les micro-algues ont beaucoup de qualités, elles contiennent des oligoéléments, des acides gras polysaturés, des anti-oxydants, des enzymes... et représentent un potentiel énergétique impressionnant. Le rendement photovoltaïque des micro-algues est très élevé, 30 fois supérieurs à l'hectare à des cultures pourtant énergiques comme le colza, le tournesol, en outre par rapport à ces plantes il n'y a pas de concurrence alimentaire. »

## chiffres Ifremer :

le rendement est estimé à 30g/m<sup>2</sup>/jour pour les micro-algues contre 0,9g/m<sup>2</sup>/jour pour le colza et 0,6g/m<sup>2</sup>/jour pour le tournesol.

En litre d'huile extraite par hectare, on obtient :  
soja 446 l, colza 1 500 l, micro- algues 23 700 l.

Les micro-algues produisent 60 tonnes de matière sèche par hectare.

- la maîtrise du cycle de l'azote et du phosphore est possible
- une récolte continue tout au long de l'année est possible
- la technologie est exploitable dans les pays en voie de développement.
- nombre de sous-produits sont directement valorisables :
  - en nourriture pour bétail, volaille poissons...
  - en engrais
  - en combustible

Les constructions et les toitures orientées au sud sont de très bon support pour la production de biomasse algal.

L'objectif envisagé avec les micro-algues est un biocarburant à 0,6 € le litre.