

LES BIOCARBURANTS DE TROISIEME GENERATION

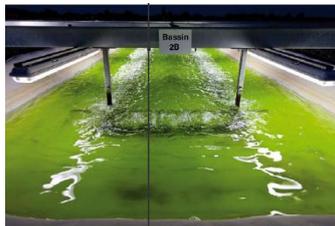
1. La découverte de Paul

Paul, passionné par la chimie verte et lycéen en Terminale S à Poitiers, a découvert le site du Vigeant lors d'une sortie cycliste avec ses amis et y a découvert un gigantesque site de stockage de déchets... Inquiété, il s'est renseigné tout de suite sur le site et a découvert que le groupe Séché Environnement, responsable du site, qui entrepose, ici, jusqu'à 150 000 tonnes par an de déchets industriels et ordures, a reçu le trophée de la croissance verte « Procédé innovant » lors du Salon de la croissance verte, en 2010, dont un des membres du jury est l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie !

2. Informations

1. « ORDURES, MICRO-ALGUES et BIOETHANOL » (document 1)

« Le site de stockage de déchets du Vigeant appartient au groupe Séché Environnement. Y sont entreposées 150 000 tonnes par an de déchets industriels banals et ordures ménagères issus de ramassages dans la Vienne et ses départements limitrophes. En 2008, le site commence à valoriser le méthane issu de la fermentation des déchets en le transformant en électricité. « Le biogaz est aspiré pour alimenter deux moteurs de 1,4 MW chacun dont la production – de quoi alimenter une ville de 11 000 habitants – est dirigée vers le réseau Sorégies » explique David Farreaux, ingénieur environnement et sécurité du site.



L'un des bassins du pilote de production de micro-algues, sur le site de stockage de déchets du Vigeant, dans la Vienne.

Souhaitant encore améliorer le bilan écologique de ce site, le groupe Séché Environnement se tourne alors vers la société Valagro (1) pour envisager d'autres pistes de valorisation. La production de micro-algues sera retenue. En effet, la production d'électricité grâce au méthane génère du CO₂ et de la chaleur, deux sous-produits qui serviront à nourrir les algues et à chauffer les bassins. Les algues, elles, serviront à produire de l'éthanol. En effet, elles font leur photosynthèse 100 à 10 000 fois plus rapidement que les plus véloces des végétaux terrestres. Aussi font-elles l'objet de toutes les attentions des chercheurs notamment pour la production de biocarburants, biodiesel comme bioéthanol. « Près de 90% des recherches se focalisent sur la filière biodiesel, précise Antoine Piccirilli, directeur opérationnel de Valagro. Ici, une des originalités est que Séché cultive des algues à éthanol. » Notons que la canne à sucre permet de produire 4,5 tonnes d'éthanol par hectare et par an tandis que les micro-championnes produisent presque le double, soit 7,2 t/ha/an.

La première année, 2009, fut une année test « pour vérifier si effectivement le CO₂, les calories, les bassins ouverts permettaient de faire se développer la *Chlorella Vulgaris*, algue choisie au départ (2) ». Et ça marche. Seul imprévu qui s'avère une opportunité : la chlorelle s'est fait supplanter naturellement par une algue locale riche en amidon et cellulose (3). Or Valagro est le spécialiste de la transformation des composés ligno-cellulosiques.

La culture des algues dans les 6 bassins du site est un travail d'agronome : sélectionner les semences, optimiser la croissance et récolter efficacement. L'eau verdie par les algues est ensuite floculée (elles s'agrègent en flocons dans un décanteur grâce à un complexant naturel en cours de brevet) puis le concentré obtenu est filtré pour aboutir à une galette transformée en éthanol. La transformation de la galette algale en éthanol se fait d'abord par hydrolyse (3) pour obtenir du jus de glucose qui est ensuite fermenté pour ensuite obtenir de l'éthanol ensuite distillé pour devenir pur à 98%. Ainsi, avec 12 kg de galettes algales (contenant 80 % d'eau), on produit 1 kg d'éthanol.

Le choix entre la filière diesel et l'éthanol s'est effectué aisément. « On ne peut pas faire de diesel sans sécher totalement la galette d'algue, ce qui consomme une énergie folle, explique Antoine Piccirilli. En outre, pour le diesel, il faut des lipides, pas n'importe lesquels, qu'il faut ensuite extraire sans pouvoir les presser, ce qui oblige à recourir à des solvants toxiques ou à des algues génétiquement modifiées (OGM). Valagro ne souhaite s'appuyer ni sur l'un ni sur l'autre. »

Aujourd'hui, le procédé est encore expérimental, il y a 6 bassins (avec des conditions différentes de température, de pH, etc.) totalisant 180 m². La production des galettes est effectuée sur le site tandis que la transformation en éthanol est faite à Valagro, à Poitiers. Mais l'année 2011 va voir une deuxième étape se mettre en œuvre : passage de 180 m² à un hectare de bassins, installation sur le site du Vigeant de tout le procédé de fabrication de l'éthanol, purification du CO₂ pour optimiser les débuts de croissance des algues, utilisation des jus d'ordures, les lixiviats, riches en azote pour nourrir les algues, analyse du cycle de vie et bilan carbone sur l'ensemble de la fabrication et étude de l'impact sur la ressource en eau. Le projet, notamment la première année, a été soutenu financièrement par Oséo et la Région Poitou-Charentes.

« C'est une technologie plutôt rustique mais très astucieuse par rapport aux photo-bioréacteurs (4) et énormément moins onéreuse dont le processus va donner lieu à plusieurs brevets. Elle a vocation à se déployer au stade industriel sur le site du Vigeant puis à voyager dans le groupe Séché mais aussi sans doute à l'extérieur » se réjouit Antoine Piccirilli.



Les micro-algues sont lyophilisées avant d'être transformées en éthanol.

La phase industrielle n'est pas encore planifiée mais les débouchés sont nombreux. Il y a d'abord la voiture : avec la production annuelle de 0,3 ha d'algues, on peut faire 10 000 km. « On est vraiment dans la troisième génération de biocarburants (5). » [...] ».

Ahn Gaëlle Truong L'actualité Poitou-Charentes N°91
<http://www.scribd.com/doc/59338269/actu091janv2011-06-07>

(1) Valagro est une Société Anonyme d'Economie Mixte Locale à laquelle participe la Région Poitou-Charentes. A la fois laboratoire de recherche et de développement, plate-forme de transfert technologique et centre d'expertise technique, Valagro travaille à substituer le carbone fossile par le carbone renouvelable dans les procédés industriels.

(2) L'algue choisie au départ par Valagro, la *Chlorella Vulgaris*, très connue pour sa richesse en lipides, était prévu pour du biodiesel et non du bioéthanol (désormais choisi) produit à partir de sucres.

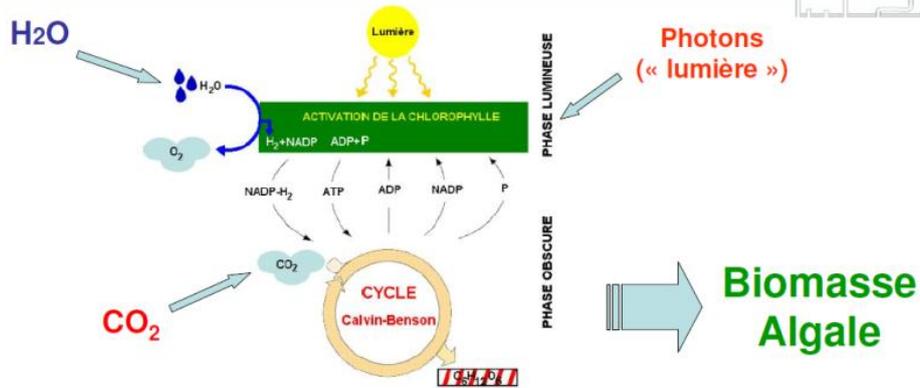
(3) L'amidon et la cellulose sont transformés en sucres tels que le glucose par hydrolyse acide selon la réaction d'équation $(C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O \rightarrow n C_6H_{12}O_6$, lequel glucose est fermenté en éthanol.

(4) On sait actuellement produire de façon industrielle les micro-algues de trois façons distinctes : en bassins naturelles : des populations multi-algues s'installent : le coût est faible et la qualité médiocre ; en bassins artificielles : des productions mono-algues sont privilégiées : c'est le cas du site du Vigeant ; en photo-bioréacteurs fermés et contrôlés : la productivité est bonne mais les coûts de contrôle élevés.

(5) Les recherches scientifiques et études de faisabilité industrielle ont conduit à trois générations : les biocarburants de 1^{ère} génération issus de produits alimentaires de bilan environnemental moyen ; les biocarburants de 2^{ème} génération issus de sources ligno-cellulosiques de meilleur bilan énergétique ; les biocarburants de 3^{ème} génération issus de micro-organismes s'affranchissant de l'occupation des sols.

2. « ECO-CARBURANTS de 3^{ème} GENERATION » (document 2)

les microalgues comme piège à CO₂



- microalgues = sources importantes d'huile et/ou de sucres

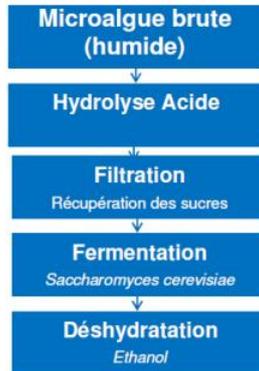


Biodiesel Bioethanol



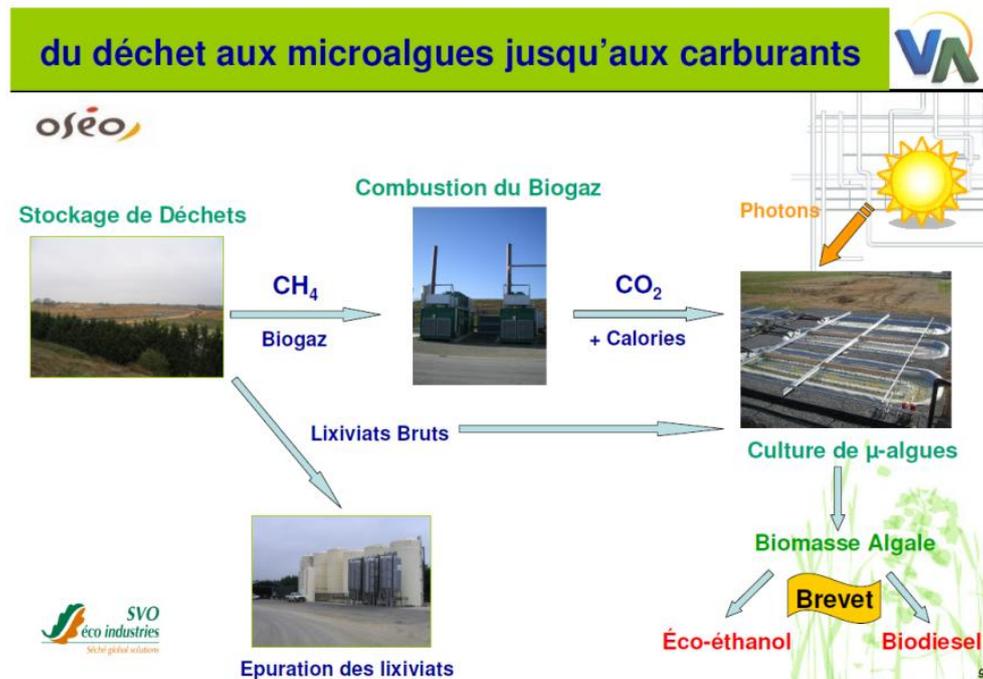
Etat d'avancement

un procédé d'obtention de l'éthanol quasi optimisé



Un rendement élevé : 70%





Diaporama présenté par Antoine Piccirilli lors des 5^{ème} Rencontres des Eco-Industries à Niort en 2009
<http://salon.croissanceverte.poitou-charentes.fr/upload/103/piecejointeyqQEVK.pdf>

(6) La filtration utilisée est une filtration par osmose inverse qui sert à purifier l'eau contenant des matières en solution par un système de filtrage très fin qui ne laisse passer que les molécules d'eau. L'osmose inverse concentre alors les sucres dont la production de sirop utilise moins d'énergie pour évaporer l'eau mais les coûts engendrés restent élevés : cette technique reste donc encore coûteuse.

3. Pistes d'exploitation

1. Pourquoi les micro-algues font l'objet de toutes les attentions des chercheurs pour le biocarburant ? Pourquoi, d'après vous, près de 90% des recherches se focalisent sur la filière biodiesel en Europe ?
2. Comment s'est imposée alors la filière éthanol plutôt que la filière diesel à la société Valagro ? Quelle raison propre à la société Valagro l'a poussée à s'orienter plutôt vers la filière éthanol ?
3. Quelles sont les raisons définitives qui ont fait que le choix entre les filières s'est effectué aisément ? Mais la filtration par osmose inverse pour l'éthanol n'a-t-elle que des avantages ? Sinon, pourquoi ?
4. Rappeler la formule du méthane issu de la fermentation et aspiré pour alimenter les moteurs. Rappeler l'équation de la combustion du méthane à l'origine du dioxyde de carbone dégagé.
5. Comment est valorisé, ici, le dioxyde de carbone ou plus précisément quelle est son utilité ? Quel est l'autre « sous-produit » exploité sur le site du Vigeant et à quoi sert-il ?
6. Comment est appelé le cycle de photosynthèse qui permet de réduire le CO₂ en glucose C₆H₁₂O₆ ? En écrire l'équation sachant que les réactifs de la réaction sont CO₂ et H₂O et les produits C₆H₁₂O₆ et O₂.
7. Rappeler les 3 étapes de la transformation de la galette algale en éthanol cités dans le document n°1. Donner les 4 étapes citées dans le document n°2. Trois sont communes. Laquelle est manquante ?

Thème : Agir

8. Rappeler la formule de l'éthanol issu de la fermentation du glucose réalisée après l'étape manquante. Ecrire l'équation de fermentation sachant que le réactif est $C_6H_{12}O_6$ et les produits sont l'éthanol et CO_2 .
9. Quel type de distillation, appelée ici déshydratation, vue en classe de première pourrait-on réaliser sachant que la température d'ébullition de l'éthanol est de $79\text{ }^\circ\text{C}$ et que celle de l'eau est de $100\text{ }^\circ\text{C}$?
10. Faire une recherche internet pour définir plus précisément ces trois générations de biocarburants : origine de substrats ; procédés ; produit final ; rendement énergétique ; stade de maturité technologique.

BIBLIOGRAPHIE

Science et Vie Junior N°255 Décembre 2010
Science et Vie N°1097 Février 2009
Ca m'intéresse N°350 Avril 2010

SITOGRAFIE

http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/environnement-securite-energie-thematique_191/les-biocarburants-de-troisieme-generation-article_6323/
http://fr.wikipedia.org/wiki/Osmose_inverse
<http://salon.croissanceverte.poitou-charentes.fr/upload/103/piecejointeyqQEVK.pdf>
<http://www.bioenergie-promotion.fr/17178/micro-algues-et-biocarburant-quelles-perspectives/>
<http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/microalgues>
<http://www-dsv.cea.fr/dsv/themes/bioenergies/bioenergies-les-recherches-sur-les-biocarburants-de-3e-generation>
<http://www.scribd.com/doc/59338269/actu091janv2011-06-07>
http://www.valagro-rd.com/FR/actualite_valorisation_biomasse.html
<http://www.valagro-rd.com/FR/algues.pdf>
http://www.wix.com/pierrotgouin/les-microalgues/de-l-algue-au-carburant#!_de-l-algue-au-carburant/le-bioethanol
<http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=9BC46813A392BE9745A7D4CBBE9286291299258606267.pdf>