

VOIE TECHNOLOGIQUE

Série STI2D : Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable

2^{DE}

1^{RE}

T^{LE}

Physique-chimie et mathématiques

ENSEIGNEMENT
SPÉCIALITÉ

MINI PROJET STI2D : PRODUCTION D'ALGOCARBURANT

Présentation

Situation déclenchante

La production de biocarburant par des algues est un projet d'avenir (les carburants issus du vivant à l'opposé des carburants d'origine fossile). Les algues poussent dans beaucoup de types d'eau différents (salée, douce, iodée...) et ne nécessitent que du CO₂ et de la lumière pour croître. Par contre, les contraintes sur les matériaux de stockage des huiles, ceux pour la croissance des algues et l'apport en lumière nécessaire sont des enjeux importants.

Cadre

Ce mini projet est associé au thème «Matière et matériaux» du programme. Plusieurs problématiques sont proposées dont trois sont développées ; une pour chacun des sous-thèmes (propriété des matériaux, oxydoréduction et combustion). Pour chaque problématique développée, plusieurs pistes de résolution sont listées en lien avec le programme. Il est tout à fait possible de combiner différents thèmes du programme. Certaines des pistes ici présentes se prêtent bien à un lien avec le thème énergie.

Pour chacun des trois sous-thèmes, la ressource propose un document professeur et un document élève.

Organisation de la classe

- Ce mini projet est conçu pour une classe de 36 élèves répartis en 8 groupes de 4 à 5 élèves.
- Cinq ou six groupes rendent un compte rendu écrit comportant des schémas, des textes ou autres documents. Le rendu est laissé à l'appréciation du professeur et peut faire l'objet d'une évaluation.
- Deux ou trois groupes restituent leur projet à l'oral selon les modalités de leur choix.
- Au cours de l'année, le programme de la classe de première STI2D recommande l'organisation de mini projets à la fin des thèmes. Aussi, s'ils sont mis en place à la fin de trois ou quatre thèmes, chaque groupe passera une fois à l'oral dans l'année.
- Les groupes travaillent sur la même problématique ou sur des problématiques différentes selon les choix de l'enseignant.
- Une liberté peut être donnée aux élèves pour le choix de leur problématique (voir organisation du temps).

Retrouvez éduscol sur :



Organisation du temps

Pour réaliser leur mini-projet, les élèves sont encadrés 4 heures en classe réparties sur 4 séances pendant un mois et complètent leurs travaux par du travail hors la classe.

Semaine 1 : 30 minutes

- La situation déclenchante et la vidéo associée sont présentées aux élèves. Les documents élèves présentant les problématiques développées (choisies par le professeur parmi les trois) sont distribués.
- Les élèves s'approprient les problématiques et les documents.
- Les explications sur l'organisation sont données.
- La consigne est donnée pour que les élèves choisissent une problématique et la piste de recherche explorée pour la semaine suivante. Le professeur peut laisser également la possibilité aux groupes qui le souhaitent de trouver leur propre problématique et piste de résolution. Il faut alors que les élèves effectuent les recherches documentaires pour la semaine suivante à l'image des problématiques proposées.
- Le professeur accompagne pendant ce moment les élèves dans leurs choix.

Semaine 2 : 1h

- En 15 minutes, les groupes sont formés et le professeur valide le choix des problématiques.
- Le reste de la séance est consacré à l'avancement du projet avec l'aide du professeur pour la réponse à la problématique.
- Les groupes doivent fournir pour la semaine suivante la liste du matériel nécessaire à l'expérience envisagée.

Semaine 3 : 2h

Chaque groupe continue l'avancement du projet et en particulier, réalise le protocole qu'il aura proposé la semaine précédente. Il est préférable que cette séance se fasse en laboratoire et en effectif réduit.

Travail hors la classe : Estimation 4h par élève

Dans chaque groupe, les élèves doivent se partager les tâches. Le travail hors la classe s'articule autour de phases de concertation collectives et de phases individuelles. Chacun est amené à produire un travail équivalent à environ 4h. L'essentiel de ce travail hors la classe est mis à profit pour construire la restitution.

Semaine 4 : 30 à 45 minutes

Les élèves rendent les dossiers écrits et les deux groupes désignés passent à l'oral présenter leur projet selon leur choix de modalité (expériences, exposés, vidéos...).

Organisation du document professeur

Pour rappel, pour chacun des trois sous-thèmes, la ressource propose un document professeur et un document élève. Le document professeur contient :

- plusieurs problématiques en lien avec le programme dont une est développée.
- des pistes de résolution pour la problématique développée.
- éventuellement des ressources supplémentaires pour les élèves.

Retrouvez éduscol sur :



Organisation du document élève

Les documents élèves ont tous la même structure :

- la situation déclenchante (cf première page), identique à toutes les problématiques proposées ;
- un contexte particulier propre à chaque problématique ;
- une problématique ;
- des documents de travail : ressources documentaires ou apports disciplinaires qui restent essentiellement dans le cadre du programme, ponctuellement pouvant aller au-delà (exemple du document 4 du dernier sous thème).

Bibliographie

- Le site GoodFellow.com résume les [caractéristiques physiques et chimiques du PMMA](#).
- Dans un moteur de recherche, taper l'intitulé suivant :
 - « Des microalgues dans nos moteurs FutureMAG » ;
 - « Les microalgues à grande échelle FutureMAG » ;
 - « Culture de microalgues pour le développement de produits à valeur ajoutée Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) ».
- La thèse de Vincent Rochatte intitulée « [Développement et modélisation d'un photobioréacteur solaire à dilution interne du rayonnement](#) », avril 2017.

Sous thème : Combustion

Document professeur

Problématique développée 1

Est-ce si différent de brûler un agrocarburant plutôt qu'un carburant issu des énergies fossiles ?

Pistes de résolution

Pour développer cette problématique, plusieurs pistes de recherches différentes peuvent être explorées.

Pistes de recherche	Capacités exigibles du programme
Faire brûler une huile végétale et un produit synthétique, vérifier la présence d'eau, de CO ₂ et de résidus de combustion dans les deux cas.	Expérimentation : Identifier les produits d'une combustion complète pour établir l'équation correspondante.
Comparer les équations de réaction d'un hydrocarbure et d'un biocarburant pour voir leurs similitudes.	Écrire et exploiter l'équation chimique d'une réaction de combustion complète d'un hydrocarbure ou d'un « biocarburant » pour prévoir le réactif limitant et les quantités de matière des produits formés.
Différencier la formulation entre un bioéthanol et l'éthanol produit à base de carburants fossiles.	Identifier un alcane ou un alcène à partir de sa formule brute et de sa formule semi-développée. Identifier le groupe caractéristique et la chaîne carbonée d'un alcool à partir de sa formule semi-développée.
Comparer les biocarburants et leurs homologues fossiles	Citer des carburants fossiles et des agrocarburants usuels et connaître l'impact de leur utilisation sur l'environnement.

Retrouvez éducol sur :



Problématiques non développées

Problématique	Capacités exigibles du programme
<p>Peut-on remplacer le gazole des voitures par du biodiesel ?</p> <p>Pourquoi mélanger du bioéthanol à l'essence ?</p> <p>Comment est produit l'algocarburant et quelles différences présente-t-il avec les autres biocarburants ?</p>	<p>Citer des carburants fossiles et des agro-carburants usuels et connaître l'impact de leur utilisation sur l'environnement.</p> <p>Identifier un alcane ou un alcène à partir de sa formule brute et de sa formule semi-développée.</p> <p>Identifier le groupe caractéristique et la chaîne carbonée d'un alcool à partir de sa formule semi-développée.</p> <p>Écrire et exploiter l'équation chimique d'une réaction de combustion complète d'un hydrocarbure ou d'un « biocarburant » pour prévoir le réactif limitant et les quantités de matière des produits formés.</p>
<p>Les dangers d'une combustion incomplète, les biocarburants sont-ils la solution à ce problème ?</p>	<p>Écrire et exploiter l'équation chimique d'une réaction de combustion complète d'un hydrocarbure ou d'un « biocarburant » pour prévoir le réactif limitant et les quantités de matière des produits formés.</p> <p>Écrire et exploiter une équation chimique de combustion incomplète pour un carburant donné, les produits étant indiqués.</p>

Document élève de la problématique développée 1

Situation déclenchante

La production de biocarburant par des algues est un projet d'avenir (les carburants issus du vivant à l'opposé des carburants d'origine fossile). Les algues poussent dans beaucoup de types d'eau différents (salée, douce, iodée...) et ne nécessitent que du CO₂ et de la lumière pour croître. Par contre, les contraintes sur les matériaux de stockage des huiles, ceux pour la croissance des algues et l'apport en lumière nécessaire sont des enjeux importants.

Contexte

En plus de l'algocarburant, il existe de nombreux biocarburants. On peut ainsi parler du bioéthanol, du biodiesel ou encore du biométhane. Ces carburants portent le préfixe bio pour indiquer qu'ils sont issus du vivant et sont de plus en plus produits et utilisés dans les transports ou l'industrie.

Problématique

Est-ce si différent de brûler un agrocarburant plutôt qu'un carburant issu des énergies fossiles ?

Documents

Document 1 : Liste de quelques biocarburants usuels

- Biodiesel, aussi appelé biogazole ou Methyl Esters
- Bioéthanol
- Le dihydrogène gazeux
- Le biométhane

Retrouvez éduscol sur :



Document 2 : Les biocarburants c'est quoi ? Une petite vidéo sur le sujet

Visionner la vidéo de France TV éducation intitulée « [Les biocarburants, c'est quoi ? c'est bien ? - le Professeur Gamberge](#) ».

Document 3 : Qu'est-ce qu'une combustion ?

Visionner la vidéo et lire la page internet du site futura-sciences.com sur [la combustion](#).

Sous thème : Propriétés des matériaux et organisation de la matière

Document professeur

Problématique développée 2

Pourquoi les fibres optiques utilisées dans certains photobioréacteurs sont en polyméthacrylate de méthyle (PMMA) ? Quel est l'intérêt d'utiliser ce polymère ?

Pistes de résolution

Pour développer cette problématique, plusieurs pistes de recherches différentes peuvent être explorées.

Pistes de recherche	Capacités exigibles du programme
Mesurer l'indice de réfraction du PMMA.	Déterminer ou mesurer quelques caractéristiques physiques de matériaux (résistivité électrique, résistance thermique surfacique, indice de réfraction, etc.).
Mettre en évidence à l'aide d'une expérimentation le caractère recyclable par dépolymérisation et polymérisation du PMMA.	Rechercher, extraire et exploiter des informations relatives à la production industrielle, l'utilisation et le recyclage de quelques matériaux usuels.

Problématiques non développées

Problématique	Capacités exigibles du programme
Comment réaliser le milieu de culture dans lequel vont se développer les algues ? Quels sont les impératifs ? Expérimentation possible : Préparation du milieu simplifié de culture des algues	Réaliser une solution de concentration donnée par dilution ou dissolution d'un soluté.
L'huile obtenue à partir des algues peut-être mélangée à du gazole : c'est le biodiesel. Quelles sont les propriétés communes d'une huile végétale et du gazole ? Expérimentation possible : Déterminer la viscosité de l'huile végétale et la comparer avec le gazole (chute d'une bille). Détermination de la tension superficielle de l'huile végétale et la comparer avec le gazole (stalagmométrie ou méthode de l'arrachement).	Déterminer ou mesurer quelques caractéristiques physiques de matériaux (résistivité électrique, résistance thermique surfacique, indice de réfraction, etc.).

Retrouvez eduscol sur :



Document élève de la problématique développée 2

Situation déclenchante

La production de biocarburant par des algues est un projet d'avenir (les carburants issus du vivant à l'opposé des carburants d'origine fossile). Les algues poussent dans beaucoup de types d'eau différents (salée, douce, iodée...) et ne nécessitent que du CO₂ et de la lumière pour croître. Par contre, les contraintes sur les matériaux de stockage des huiles, ceux pour la croissance des algues et l'apport en lumière nécessaire sont des enjeux importants.

Contexte

La culture des micro-algues s'effectue dans un photobioréacteur. C'est un récipient dans lequel les algues vont pouvoir se développer par photosynthèse. La réaction de photosynthèse nécessite des nutriments (apportés par le milieu de culture, dans ce cas de l'eau et des sels minéraux), du dioxyde de carbone et de la lumière. Il existe différents types de photobioréacteurs. Certains utilisent la lumière solaire, d'autres de la lumière artificielle.

Certains photobioréacteurs fonctionnent à l'aide d'un éclairage interne : la lumière est apportée directement dans le milieu de culture par des structures éclairantes immergées constituées de fibres optiques en polyméthacrylate de méthyle (PMMA).

Problématique

Pourquoi les fibres optiques utilisées dans certains photobioréacteurs sont en polyméthacrylate de méthyle (PMMA) ? Quel est l'intérêt d'utiliser ce polymère ?

Documents

Document n°1 : fonctionnement d'un photobioréacteur à éclairage interne par fibres optiques

Dans sa thèse, Vincent Rochatte explique le principe de fonctionnement d'un photobioréacteur à éclairage interne par fibres optiques ainsi :

« La lumière est apportée par six lampes à décharge (ampoules : BLV, 270 411 MHR 250N) à travers 977 fibres optiques de diamètre 1,5 mm en PMMA à diffusion latérale (réparties en 6 torons - un par lampe).

Ces fibres ayant un coût élevé elles ne sont pas en contact direct avec la phase liquide [...] : elles sont placées dans des tubes en polycarbonate de diamètre extérieur 2,4 mm (épaisseur 0,35 mm) qui seront par la suite appelés gaines.

Les gaines permettent également de maintenir une couche d'air autour des fibres, ce qui élimine un éventuel problème de différence d'indice de réfraction entre le PMMA des fibres et le milieu de culture. En effet si cette différence est trop faible elle peut empêcher les photons de sortir des fibres »

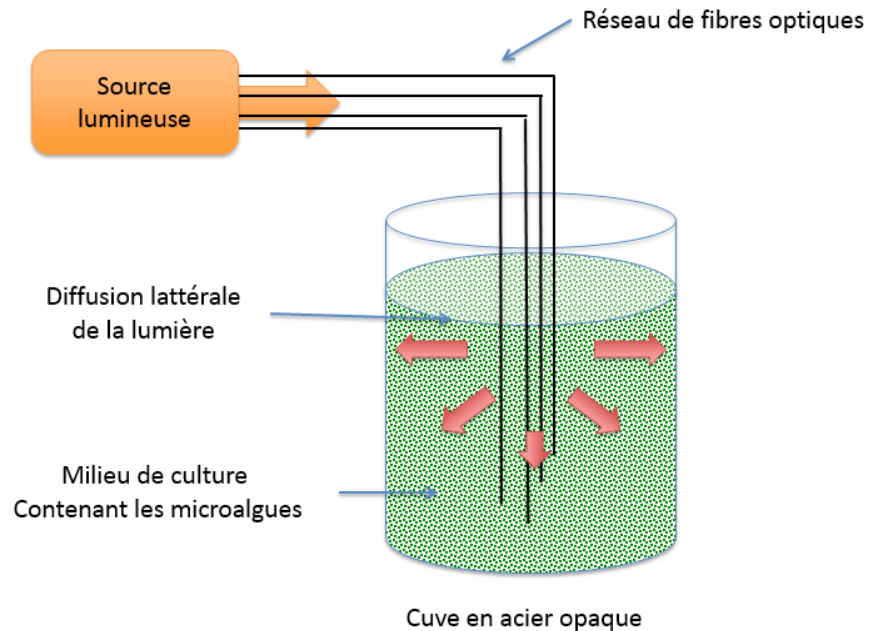
Source : Vincent Rochatte. Développement et modélisation d'un photobioréacteur solaire à dilution interne du rayonnement. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2016. NNT : 2016CLF22705.

Retrouvez éduscol sur :



Document n°2 : Schéma simplifié de l'éclairage du photobioréacteur par fibres optiques

La lumière est guidée par la fibre tant qu'elle est dans l'air, puis elle diffuse à travers la paroi lorsqu'elle est plongée dans le liquide.

**Document n°3 : Lois de Snell-Descartes pour la réfraction**

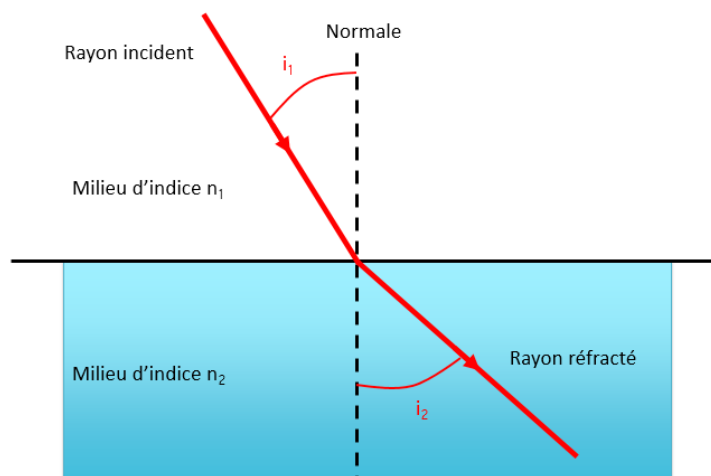
Première loi de Descartes : le rayon réfracté est dans le plan d'incidence.

Deuxième loi de Descartes : l'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 vérifient la relation suivante :

$$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$$

n_1 est l'indice de réfraction du milieu 1.

n_2 est l'indice de réfraction du milieu 2.



Retrouvez éducol sur :

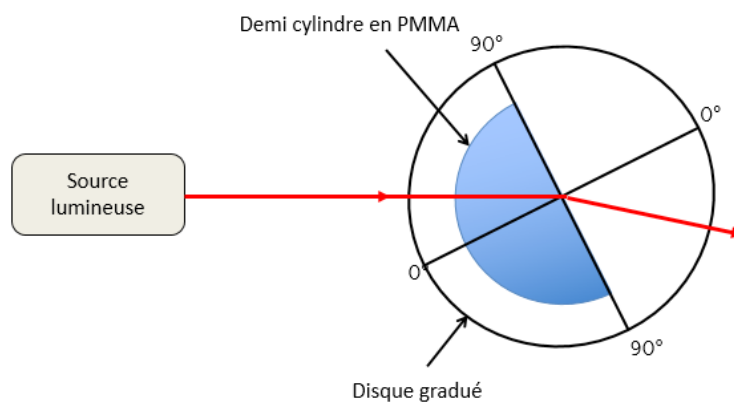


Document n°4 : Protocole de mesure d'un angle de réfraction

Vous disposez d'une source lumineuse, d'un disque gradué et d'un demi-cylindre de PMMA aimanté caractérisé par un indice de réfraction n_{PMMA} . On s'intéresse au phénomène de réfraction qui a lieu sur la face plane (dioptré plan) du demi-cylindre quand la lumière passe du PMMA dans l'air.

On rappelle que l'indice de réfraction de l'air est $n_{\text{air}} = 1,00$.

- **Alignement de la source** : ôter le demi cylindre de PMMA du support et régler la source de façon à ce que le rayon lumineux soit aligné avec l'axe $0^\circ - 0^\circ$.
- Replacer le demi-cylindre de PMMA sur le support en alignant l'arête avec l'axe $90^\circ - 90^\circ$
- Mesurer l'angle de réfraction i_2 .



Retrouvez éduscol sur :



Sous thème : Oxydoréduction, corrosion des matériaux, piles

Document professeur

Problématique développée 3

Pourrait-on utiliser des cuves métalliques pour la culture des micro-algues nécessaires à la production de biocarburant ?

Pistes de résolution

Pour développer cette problématique, plusieurs pistes de recherches différentes peuvent être explorées.

Pistes de recherche	Capacités exigibles du programme
Faire des séries de tests de corrosion de métaux dans différents types de solution (attention à la durée de certaines expériences qui peuvent prendre une semaine pour être concluantes)	<ul style="list-style-type: none"> • Définir et distinguer un oxydant, un réducteur, une oxydation, une réduction et un couple oxydant/réducteur. • Écrire une demi-équation électronique, le couple oxydant/réducteur étant donné. • Écrire l'équation d'une réaction d'oxydoréduction, les deux couples oxydant/réducteur étant donnés. • Exploiter l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction pour analyser une situation de corrosion d'un matériau.
Comprendre le phénomène d'anode sacrificielle	<ul style="list-style-type: none"> • Citer et interpréter des méthodes de protection contre la corrosion.
Trouver d'autres méthodes de protection des métaux	<ul style="list-style-type: none"> • Citer des métaux ou des alliages résistants à la corrosion. • Citer et interpréter des méthodes de protection contre la corrosion.

Problématiques non développées

Problématique	Capacités exigibles du programme
Quelle est la réaction mise en jeu lors de la production de biocarburant par voie biochimique ?	<ul style="list-style-type: none"> • Définir et distinguer un oxydant, un réducteur, une oxydation, une réduction et un couple oxydant/réducteur. • Écrire une demi-équation électronique, le couple oxydant/réducteur étant donné. • Écrire l'équation d'une réaction d'oxydoréduction, les deux couples oxydant/réducteur étant donnés.
Quelle est la réaction mise en jeu lors de la culture de micro-algues pour la production de biocarburant ?	
Existe-t-il des problèmes de stockage des huiles produites ?	<ul style="list-style-type: none"> • Écrire une demi-équation électronique, le couple oxydant/réducteur étant donné. • Écrire l'équation d'une réaction d'oxydoréduction, les deux couples oxydant/réducteur étant donnés. • Exploiter l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction pour analyser une situation de corrosion d'un matériau. • Citer des métaux ou des alliages résistants à la corrosion. • Citer et interpréter des méthodes de protection contre la corrosion.

Retrouvez éduscol sur :



Document élève de la problématique développée 3

Situation déclenchante

La production de biocarburant par des algues est un projet d'avenir (les carburants issus du vivant à l'opposé des carburants d'origine fossile). Les algues poussent dans beaucoup de types d'eau différents (salée, douce, iodée...) et ne nécessitent que du CO₂ et de la lumière pour croître. Par contre, les contraintes sur les matériaux de stockage des huiles, ceux pour la croissance des algues et l'apport en lumière nécessaire sont des enjeux importants.

Contexte

Parmi les problèmes rencontrés dans le domaine de la construction, il y a la corrosion des matériaux qui est le procédé entraînant leur dégradation en présence d'agents oxydants dans leur environnement.

Des matériaux tels que le verre, les plastiques rigides (par exemple le polyméthacrylate de méthyle (PMMA), polycarbonate) ou encore des films souples en plastique (par exemple polyéthylène, polyuréthane, et chlorure de vinyle - PVC) sont utilisés pour la construction des systèmes permettant la production et la culture de micro-algues.

Problématique

Pourrait-on utiliser des cuves métalliques pour la culture des micro-algues nécessaires à la production de biocarburant ?

Documents de travail

Document 1 : Avatars de lumière - La lumière pour la biocarburants

[Avatars de lumière](#) est une série de dix films courts sur la recherche dans le domaine des technologies de la lumière qui vont révolutionner le monde. Réalisée dans le cadre de l'Année internationale de la lumière (2015) décrétée par l'Unesco, cette série présentée par le physicien et philosophe des sciences Étienne Klein, nous guide dans ces technologies en se déplaçant sous la forme d'un avatar de lumière.

Le second court-métrage « La lumière pour les biocarburants » aborde le pouvoir de la lumière à développer la vie.

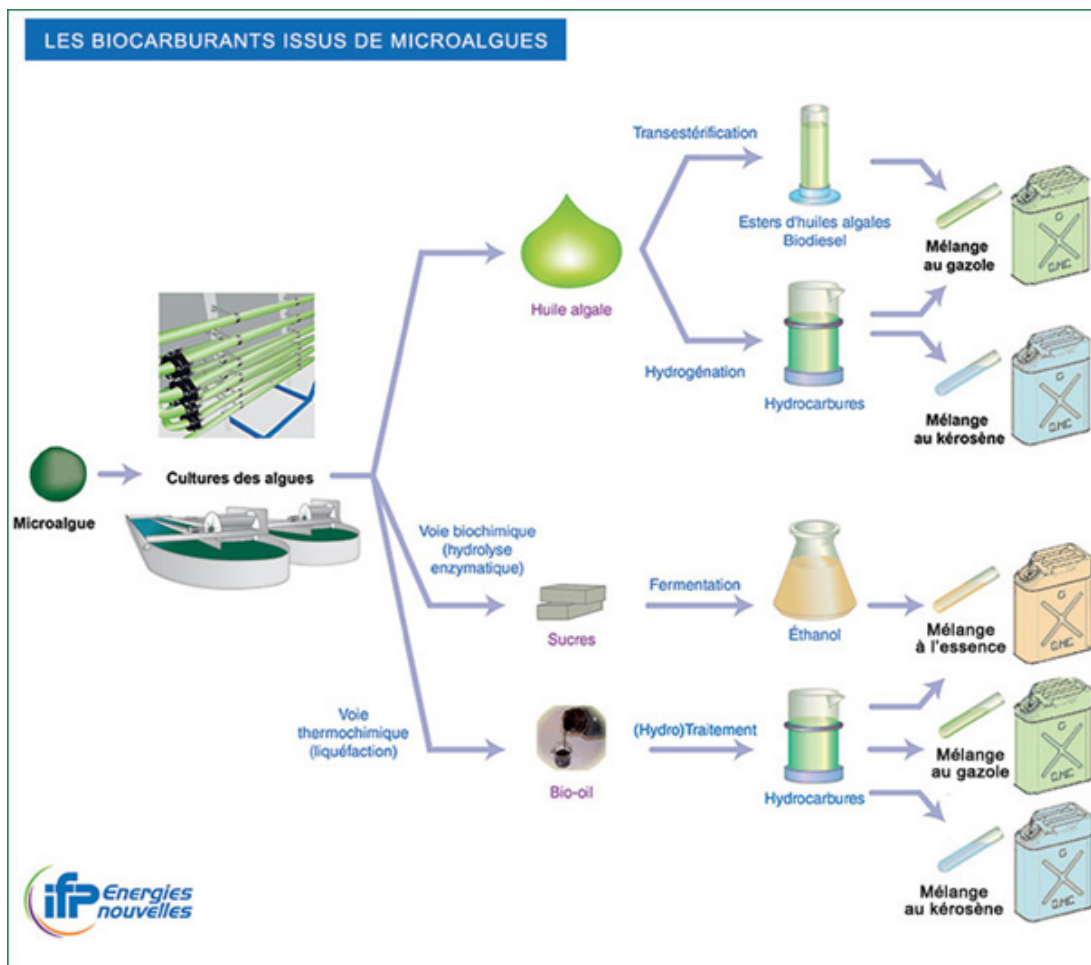
Producteur délégué : La Huit production

Coproducteurs et partenaires : Arte G.E.I.E., Société européenne de physique, Universcience

Retrouvez éduscol sur :



Document 2 : Les biocarburants issus des microalgues



Source : IFPEN. IFP Energies nouvelles est un organisme public de recherche, d'innovation et de formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement.

Document 3 : Green Stars, projet d'avenir pour les carburant du futur

« GreenStars, lauréat de l'appel à projet Investissements d'Avenir « Instituts d'Excellence sur les Énergies Décarbonées » (IEED), est un ensemble de plateformes collaboratives regroupant des acteurs hexagonaux de la filière de valorisation des micro-algues. Objectif premier : développer à l'horizon 2020, des composés d'intérêts dont notamment des biocarburants performants et des molécules à haute valeur ajoutée grâce à des micro-algues utilisant les émissions de CO₂ et les substances issues des rejets des activités humaines. Porté par l'INRA et rassemblant 45 partenaires (organismes de recherche publique, entreprises, collectivités territoriales, pôles de compétitivité), GreenStars a également pour ambition de se positionner, d'ici cinq à dix ans, parmi les centres d'excellence mondiaux dans le domaine de la bio-raffinerie des micro-algues. [...]

Toutes les compétences de la filière y sont en effet représentées : de la physiologie et la génétique des micro-algues à l'optimisation des conditions de culture, en passant par l'extraction des produits d'intérêt, sans oublier la prise en compte de l'écoconception de la filière, de la modélisation et de la simulation numériques, de l'acceptabilité sociale et de l'analyse économique. [...]

Retrouvez éducol sur :



Dès 2016, GreenStars sera doté de démonstrateurs industriels basés sur des technologies de pointe qui permettront de construire un modèle économique et environnemental viable. »

Source : Pôle Mer Méditerranée

Dossier de presse [Green Stars : projet d'avenir pour les carburants du futur](#) du service de communication - Le grand Narbonne.

Le 29/09/2011 par la revue *France Agricole* publie [un article](#) sur ce projet.

Document 4 : Le phénomène de corrosion

La corrosion d'un métal M est sa transformation à l'état de cation métallique M^{k+} par réaction avec le dioxygène dissous dans l'eau.

Pour prévoir les réactions d'oxydoréduction, on peut s'appuyer sur l'échelle des potentiels standards qui classe les couples oxydant/réducteur.

Lorsque deux métaux sont en contact et peuvent être oxydés par le dioxygène, c'est celui dont le couple a le potentiel standard le plus faible qui s'oxyde. Celui-ci (anode) protège l'autre métal qui ne réagira pas.

Échelle des potentiels standards de quelques couples à 25°C :

Élément	Couple	Potentiel standard (V)
Plomb	$Pb^{2+} / Pb_{(s)}$	-0,13
Nickel	$Ni^{2+} / Ni_{(s)}$	-0,25
Fer	$Fe^{2+} / Fe_{(s)}$	-0,44
Zinc	$Zn^{2+} / Zn_{(s)}$	-0,76
Aluminium	$Al^{3+} / Al_{(s)}$	-1,7
Magnésium	$Mg^{2+} / Mg_{(s)}$	-2,4
Titane	$Ti^{2+} / Ti_{(s)}$	-1.6

Retrouvez éduscol sur :

