

Biomasse et Biocarburants



Biocarburants de « deuxième génération » R&D procédé de gazéification de biomasse lignocellulosique à haute température par torche plasma

La biomasse.....c'est quoi ?

Biomasse = Matière organique vivante

Composition : généralement $C_xH_yO_z$ et traces N, P, S,...

C : atome de Carbone

H : atome d'Hydrogène

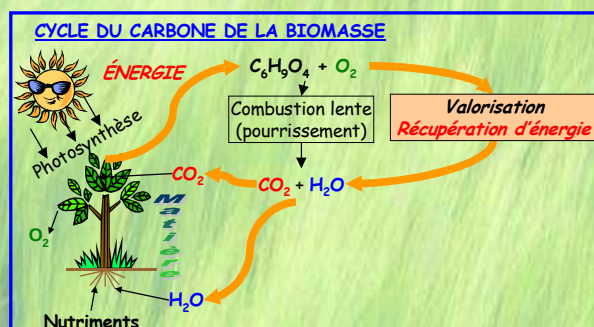
O : atome d'Oxygène

N : atome d'Azote

P : atome de Phosphore

S : atome de Soufre

Formule simplifiée biomasse : $C_6H_9O_4$



C'est quoi l'effet de serre ?

- Les Gaz à Effet de Serre (GES), tels que CO_2 , CH_4 , O_3 , et à 72% la vapeur d'eau H_2O , permettent de conserver une partie du rayonnement solaire sur terre (la vapeur d'eau H_2O réchauffe de $-18^\circ C$ à $+15^\circ C$ notre planète !).
- Avec l'activité humaine, la quantité de GES, en particulier le CO_2 provenant du carbone « fossile » (pétrole, charbon, gaz naturel) : augmente dans l'atmosphère.
- Cette augmentation de concentration en GES engendre un accroissement de la température moyenne sur terre.

La première, la deuxième, la troisième génération ?

- **Première génération** : biomasse issue de l'agriculture de plantes telles que : betterave, canne à sucre, blé, maïs, pomme de terre, colza, tournesol.
Filière éthanol : sucres – fermentation – éthanol – mélange à l'essence
Filière esters d'huiles végétales : transestérification – esters méthyliques – mélange au gazole
- **Deuxième génération** : biomasse issue de la lignocellulose telle que : bois, déchets végétaux, tous les déchets organiques (ordures ménagères, boues de station d'épuration, déchets industriels organiques).
Filière bio-essence : voie biochimique enzymatique : « casser » la cellulose en glucose - fermentation - éthanol
Filière BtL : Biomass to Liquid : voie thermochimique : gazéification puis synthèse en biocarburant.
- **Troisième génération** : biomasse issue des microalgues préalablement chargées en lipides (huiles).
Filière esters d'huiles : transestérification
Filière BtL : voie thermochimique

Différences entre carburant, biocarburant, agrocarburant ?

Carburant : combustible liquide issu du pétrole

Biocarburant : combustible liquide issu de la biomasse lignocellulosique : 2^{ème} génération

Agrocarburant : combustible liquide en mélange au carburant issu de l'agriculture : 1^{ère} génération

Formule chimique d'un carburant : Hydrocarbures : C_nH_m

Essence : C_7H_{16} (C4 à C7)

Gazole : $C_{21}H_{44}$ (C12 à C22)

Kérosène : $C_{10}H_{22}$ à $C_{14}H_{30}$

Fabrication du carburant (essence, gazole, kérosène)

- A partir du pétrole brut : différents procédés utilisés actuellement dans les raffineries (coupes, cassage acide, fractionnement, cracking ...)
- A partir d'un mélange gazeux CO (monoxyde de carbone) et H_2 (dihydrogène) : procédé Fisher-Tropsch (noms des auteurs)
Il est impératif de n'avoir aucune impureté < 0,1 ppb ($\mu g/L$)

Biomasse et Biocarburants



Quantité suffisante de biomasse de deuxième génération en France ?

Par an :



1 Mtep

= 1 Réacteur type REP

= 2250 éoliennes

= 100 km² photovoltaïque

1 tonne équivalent pétrole (tep)

= 11600 kWh = 42 GJ

1 t gazole = 1 tep

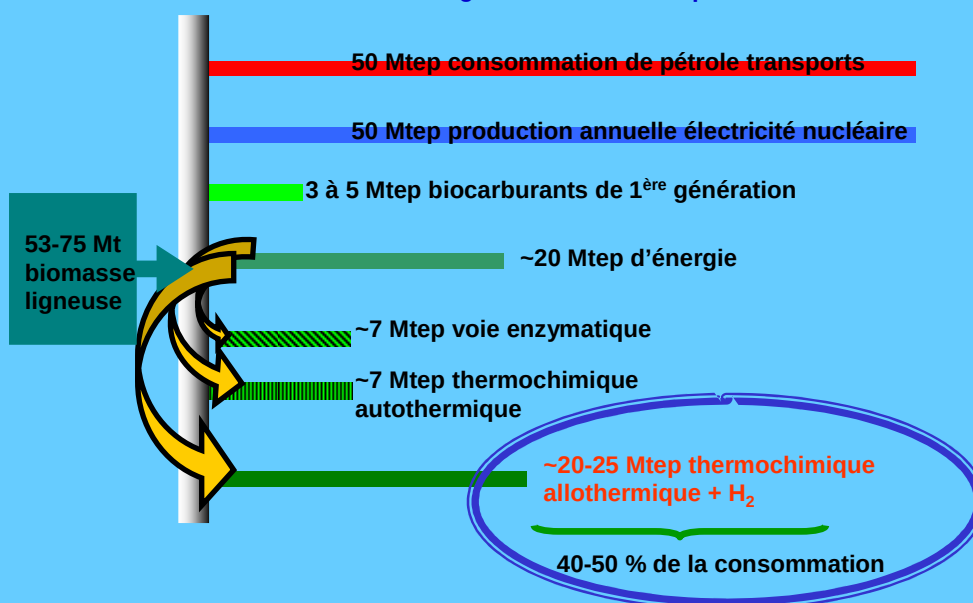
En France :

Consommation annuelle de

276 Mtep

L'enjeu énergétique en France

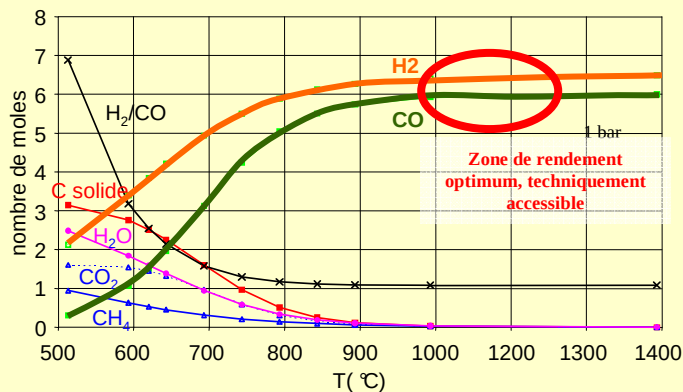
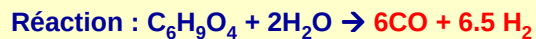
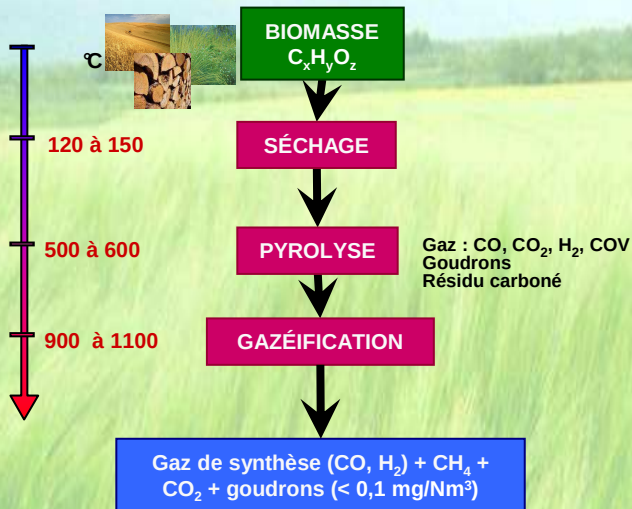
Substituer 20% des carburants d'origine fossile en 2020 par des biocarburants





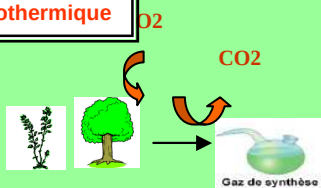
Filière Biomass to Liquid : Voie thermochimique

La transformation thermochimique de la biomasse

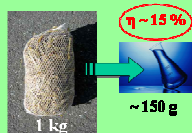


Les 2 grandes voies thermochimiques possibles

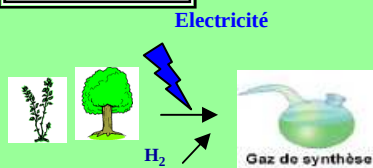
Autothermique



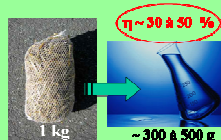
(+) Avantage : rendement énergétique élevé
(-) Inconvénient : rendement matière faible



Allothermique

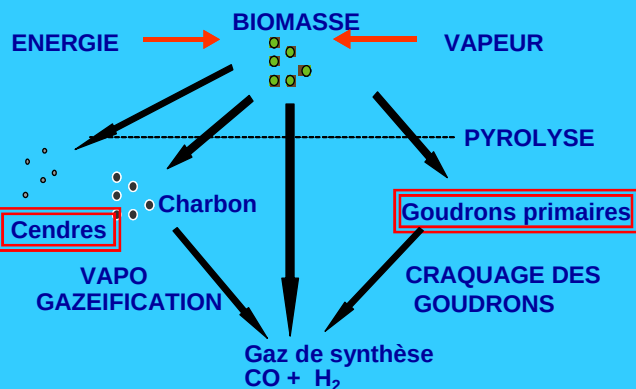


(+) Avantage : rendement matière élevé
(-) Inconvénient : rendement énergétique faible



Deux défis à relever

Qualité du gaz



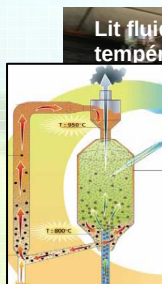
Quantité/coût du process

Minimisation des **temps de séjour** de la biomasse
Minimisation des **pertes thermiques** du procédé
Optimisation des **durées de vie** des installations

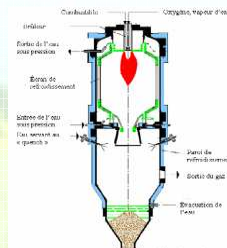
Minimisation du prix de revient du carburant entre 0,5 €/L et 0,8 €/L

Filière Biomass to Liquid : Voie thermochimique

Les procédés de la voie autothermique



CEA Grenoble



Réacteur à flux
entraîné RFE
GIROFLE



Bure: unité semi-industrielle de gazéification
Production de biocarburants de 2^{ème} génération
(traitement d'environ 75 000 t/an de bois).

Démonstration de la faisabilité technique et
économique d'une chaîne complète Biomasse to Liquid
(BtL) en s'appuyant sur des technologies existantes.

Autothermique

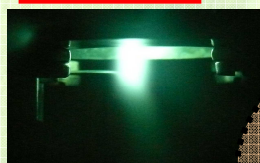
Les procédés de la voie allothermique

Apport d'énergie non émettrice de gaz à effet de serre

CEA CADARACHE

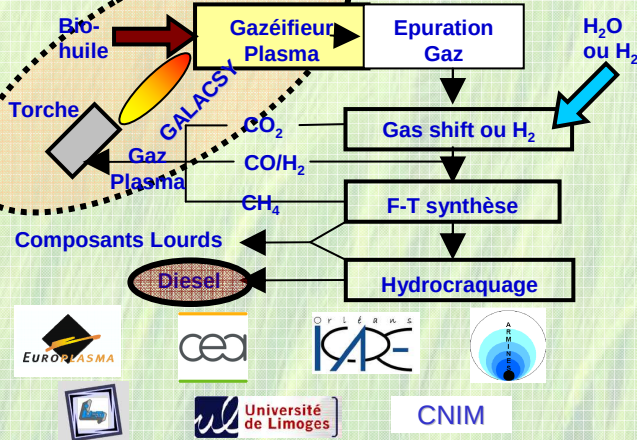
Electricité d'origine renouvelable ou
nucléaire

Torche plasma



GALACSY :
Faisabilité du procédé sur
maquette torche 25 kW

BIOPLASM :
Pré faisabilité industrielle sur
pilote torche 300 kW.



Allothermique

Echelle laboratoire



Déploiement
industriel de
l'autothermique

7 Mtep



2007 2010 2015 2020 2025



Pilote préindustriel

Déploiement industriel
de l'allothermique

15 Mtep

Déploiement
industriel de
l'allothermique + H₂

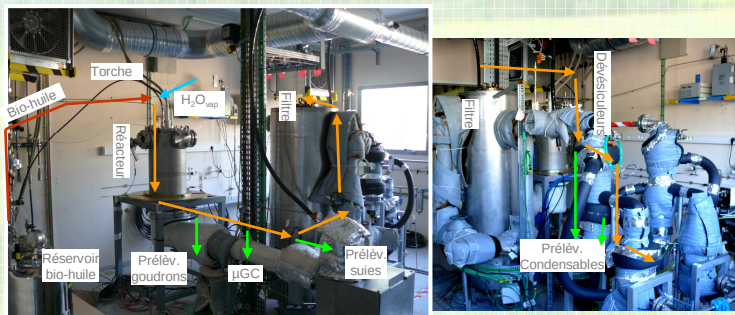
25 Mtep

Calendrier
déploiement industriel

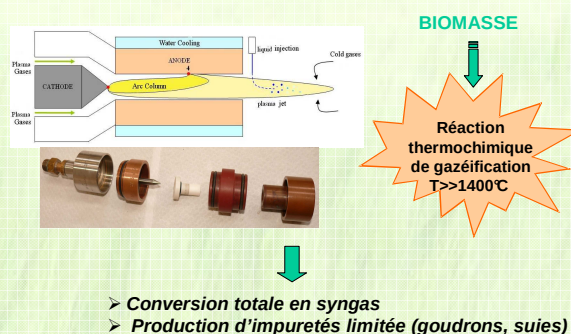
BIOMAP

Production d'un gaz de synthèse (CO , H_2)
en vue d'applications carburants (BtL)

Installation BIOMAP : Gazéification de bio-huile (3 kg/h)



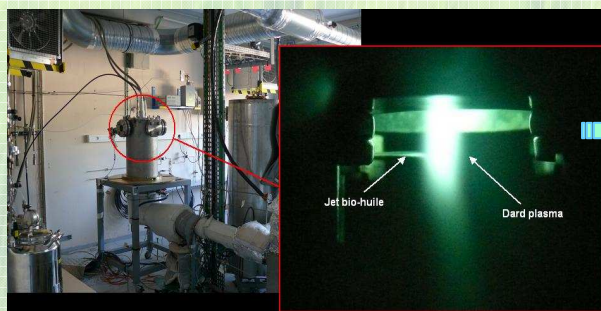
Installation BIOMAP : Torche plasma



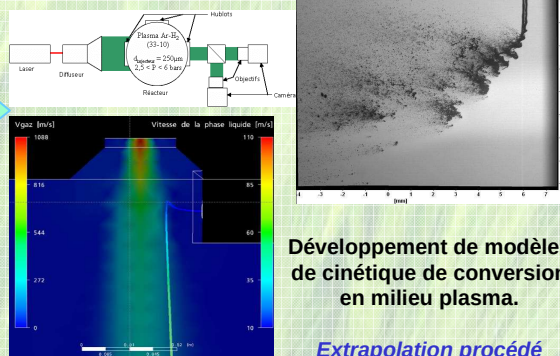
OBJECTIFS

- Faisabilité d'une torche industrialisable fonctionnant au gaz de procédé
- Estimation/optimisation du rendement torche en fonction du gaz
- Faisabilité de la conversion de la biomasse dans un dard plasma
- Modélisation de la conversion de la charge (bio-huile) au sein du dard plasma
- Estimation de l'intérêt technico-économique pour un intrant de type biohuile et pour le procédé global

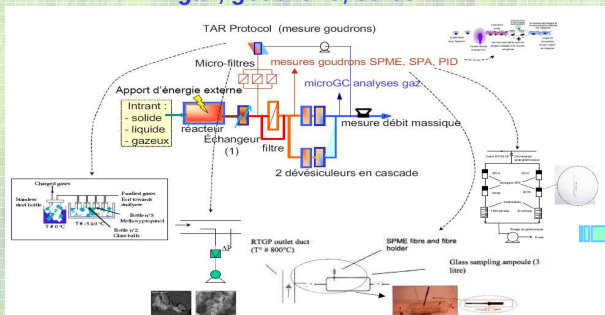
Caractérisation et modélisation de l'interaction bio-huile / plasma



Interaction physique charge/dard,
cinétique de conversion en milieu plasma,
bilans massiques...



Modélisation FLUENT, ANSYS_CFX

Instrumentation : prélèvements et analyses
gaz, goudrons, suies...

Principaux résultats obtenus

- Démonstration de la fonctionnalité d'une torche plasma (300 kW) alimentée par des gaz de procédé CO / CO_2 / H_2 / CH_4
- Faisabilité d'injection et de conversion de bio-huile de pyrolyse dans un dard plasma.
- Caractérisation de l'interaction jet de bio-huile et dard plasma par ombroscopie laser (visualisation du jet, granulométrie...)



Suite du projet

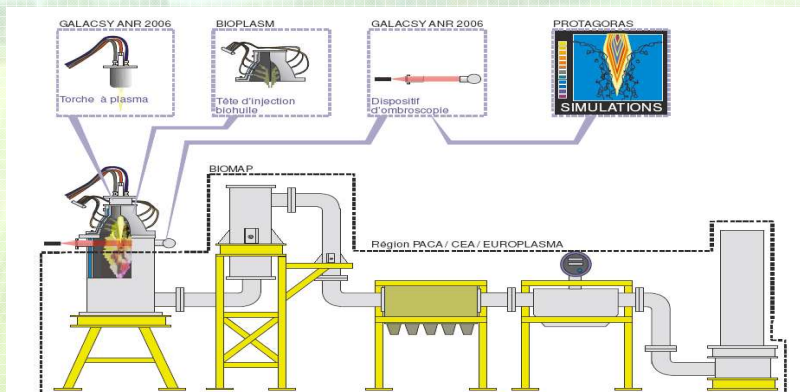
- Quantification de la pureté du syngas par analyses et mesures des impuretés goudrons, suies, ...
- Calcul des rendements matière et Optimisation des paramètres opératoires en vue du développement d'outils d'extrapolation.

BIOMAP

Production d'un gaz de synthèse (CO , H_2) en vue d'applications carburants (BtL)



Programmes Plasma



Extraire une énergie propre et renouvelable
à partir de nos déchets : une véritable alchimie !

JOURNAL « La Provence »,
2 mars 2009

LA TECHNIQUE

Les biocarburants, comment ça marche et comment les produit-on ?

ILS S'AMÉLIORENT GÉNÉRATION APRÈS GÉNÉRATION

Les biocarburants ne sont pas une invention récente. Durant la Seconde Guerre mondiale, des milliers de Français ont ainsi pu continuer de circuler en voiture grâce à leur gazogène, un système qui permettait d'obtenir du carburant en chauffant du charbon.

Ceux d'aujourd'hui n'ont pas grand chose à voir, même si le principe qui permet de les produire reste le même.

► Les biocarburants de première génération

Ce sont les produits actuellement disponibles sur le marché. Ils se répartissent en deux familles : les esters méthyliques d'huiles végétales (ou diesters), produits à partir d'oléagineux comme le colza, le tournesol, la palme ou le soja, et l'éthanol, produits à partir de plantes sucrières (canne ou betterave) ou de céréales (blé, maïs...). Avantages : Ils sont produits au plus près des zones de consommation et sont moins polluants que les hydrocarbures d'origine pétrolière (qui contiennent du soufre et des micro-particules). Inconvénients : Ils mobilisent d'importantes surfaces agricoles, au détriment des productions alimentaires et consomment au moins autant de produits phytosanitaires que l'agriculture traditionnelle.

► Les biocarburants de 2^e génération

Ce sont eux qui arriveront sur le marché dès que le prix du pétrole les rendra compétitifs - à partir de 100 à 120 \$ le baril, contre 40 \$ aujourd'hui. Il n'existe pas encore de production industrielle *stricto sensu*, mais des simulations parfaitement rodées qui préfigurent les futures usines à carburants de synthèse. Ils seront produits à partir de la biomasse - résidus forestiers et agricoles, dé-



Transformer la biomasse en énergie, c'est possible. Pour 1 kg de biomasse, on obtient de 10 à 40 % de gaz de synthèse.

Les rendements vont de 10 à 40 % de synthèse. / PHOTO SERGE MERCIER

2^e génération, la région Paca est leader en France.

► Les biocarburants de 3^e génération

Ils sont l'avenir à long terme (au-delà de 10 ans). Ils sont produits à partir de micro-organismes, algues ou bactéries, capables de produire eux-mêmes des molécules énergétiques, principalement des lipides, que l'on pourra ensuite transformer en carburant. Ces micro-organismes seront enfermés dans des réacteurs où on les gavera de lumière et de CO_2 pour obtenir le produit final. Actuellement en phase de recherche initiale, ces biocarburants de 3^e génération existent, mais leurs coûts de production actuels (autour de 200 € le kg) rendent hypothétique la date à laquelle ils pourront être produits à l'échelle industrielle. ■

H.V.