



La recherche et l'innovation au service de la mise au point de nouveaux biocarburants

*Exemple de la transformation thermochimique de la
biomasse*

Paul Lucchese
Directeur des NTE, CEA

paul.lucchese@cea.fr

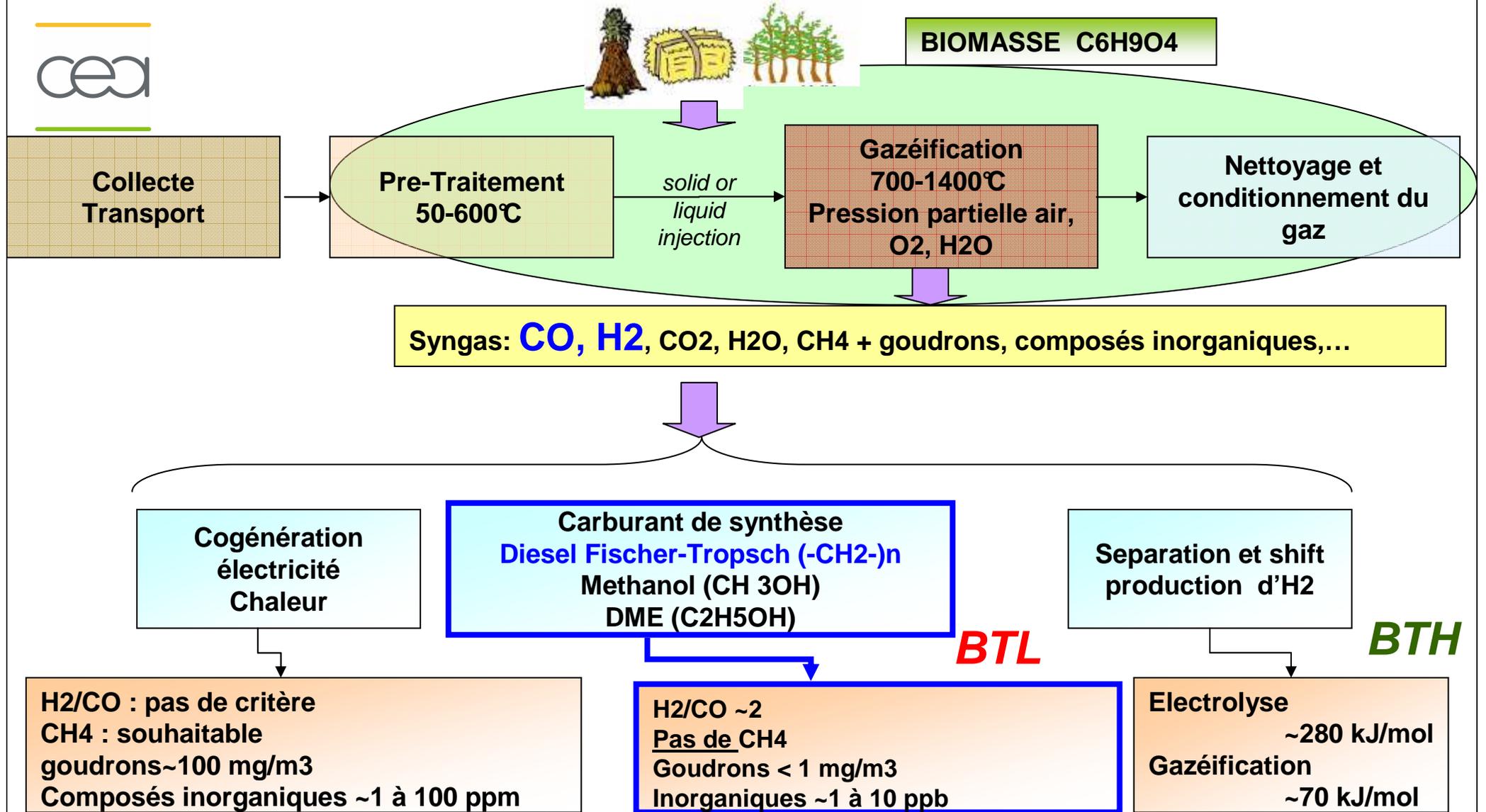
Introduction



Les biocarburants obtenus par transformation thermo-chimique (BTL): une voie de produire des carburants de synthèse

- **plus massivement, et contribuer aux objectifs français et européens sur l'énergie**
- **avec des bilans CO2 et plus généralement environnementaux beaucoup plus favorables que la première génération**
- **de la création de valeur économique (création d'emplois en France surtout sur la collecte de la ressource) et à l'exportation à travers d'une filière globale européenne**
- **Amélioration des rendements de transformation par des possibilités d'évolution et d'innovations:**
 - **de couplage avec d'autres énergies,**
 - **de synergies avec la « Troisième génération »**
 - **De production d'Hydrogène (BTH) et d'autres carburants et produits**

Le procédé thermochimique de gazéification





Problématique:

Transformer du bois en biodiesel au coût minimal, en quantité maximale et de façon durable

Etape 4:

commente encore augmenter les rendements énergétiques, massiques

Etape 3:

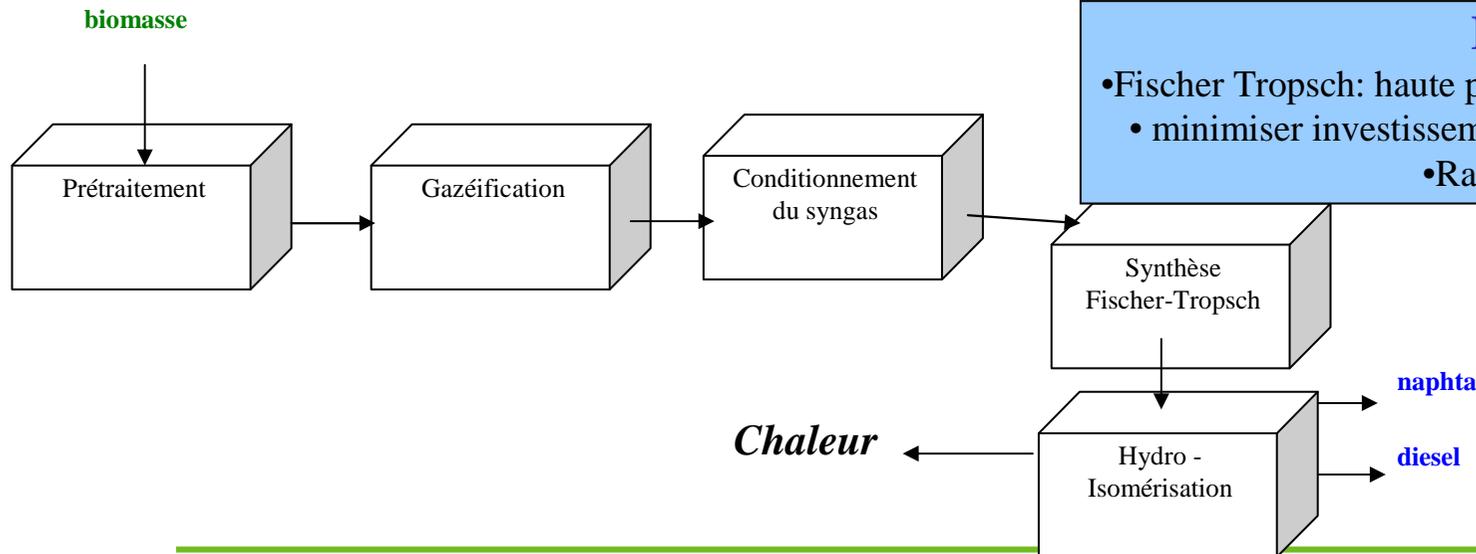
Caractéristique gazéifieur T,P, Capacité
Préparation introduction de la biomasse
Flexibilité de la charge

Etape 2:

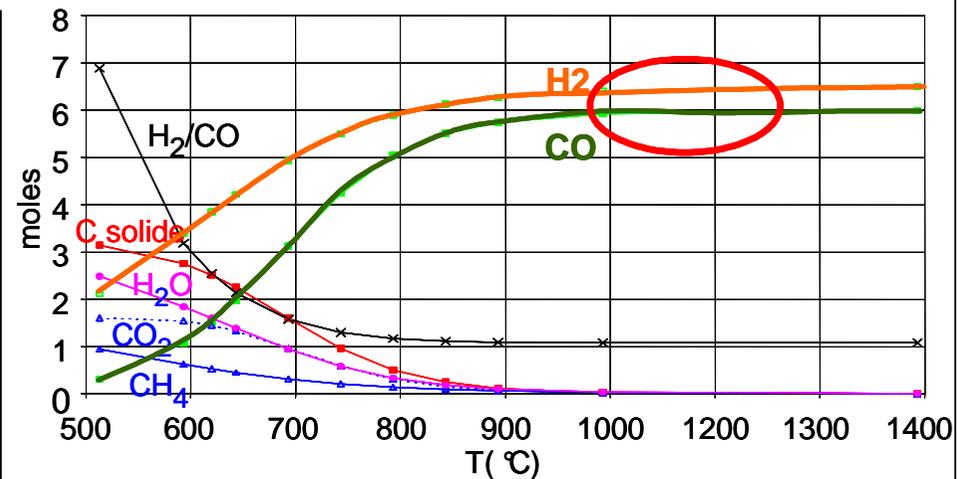
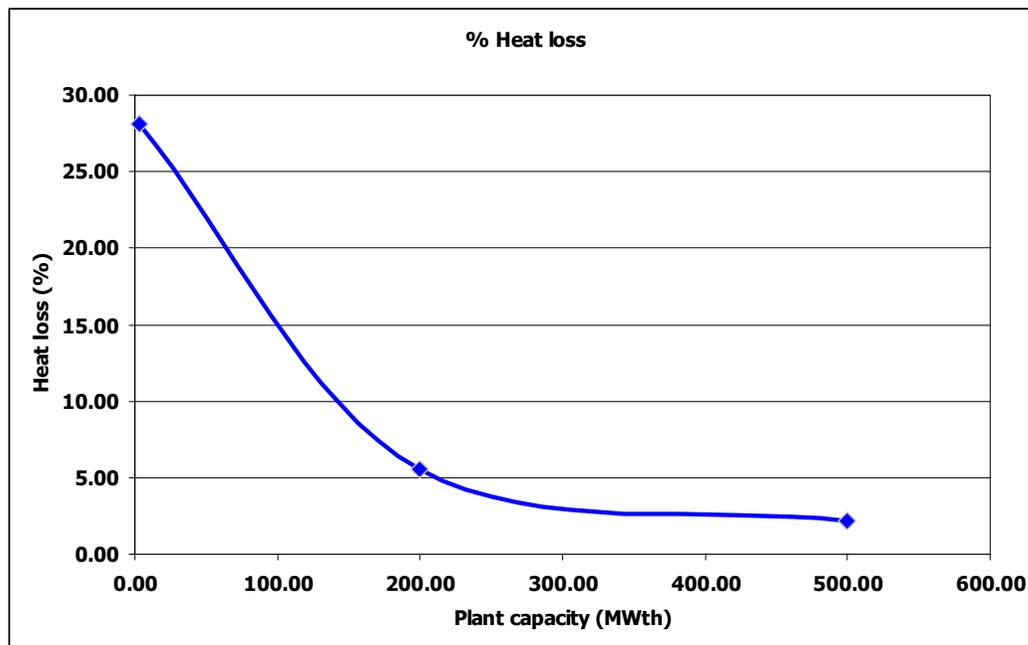
contrainte gazéifieur:
Haute température, capacité travail pression, extrapolable à grande capacité et fiabilité de fonctionnement
Diminuer cout investissement
Diminuer les pertes thermiques

Etape 1:

- Fischer Tropsch: haute pression et pureté maximale des gaz
- minimiser investissement/Tep produite, grande capacité
- Ratio H₂/CO = 2



Taille de unités de production et niveau de température



Influence de la Température

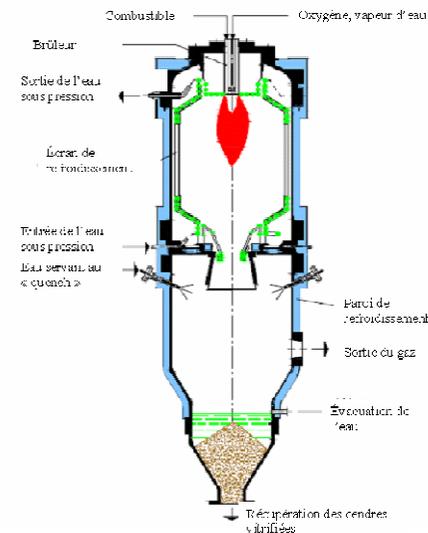
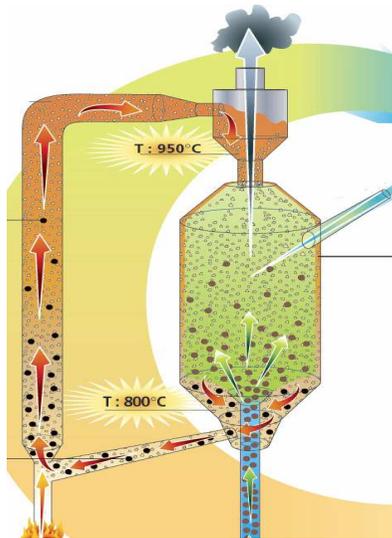
100 000t de bois/an 1 Mt de bois/an

Influence de la taille sur les pertes thermiques

Les technologies de gazéification existantes



- Elles se distinguent par les caractéristiques techniques:
 - La nature du gazéifieur: lit fixe, lit fluidisé, réacteur à flux entrainé
 - La nature des charges introduites: liquide, solide, slurry
 - Les conditions de pression, température
 - L'intégration plus ou moins complète des différents composants
- Elles se distinguent par les applications
 - Fabrication de biocarburants
 - Fabrication de carburants de synthèse et produits chimiques
 - À partir de charbon, petcoke, gaz naturel ...



La technologie Réacteur à Flux entrainé est la plus adaptée pour l'objectif BTL

La préparation de la biomasse: un point dur



- Technique de traitement mécanique: pas adapté pour l'introduction dans les réacteurs RFE sous pression
- Technique de pyrolyse rapide, flash
- Technique de torrefaction

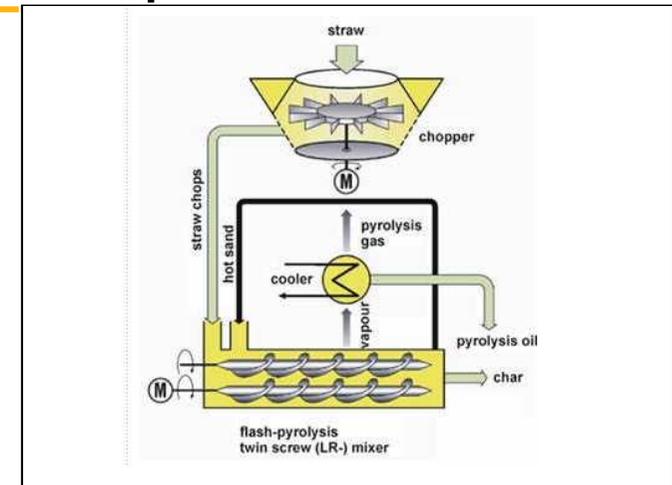
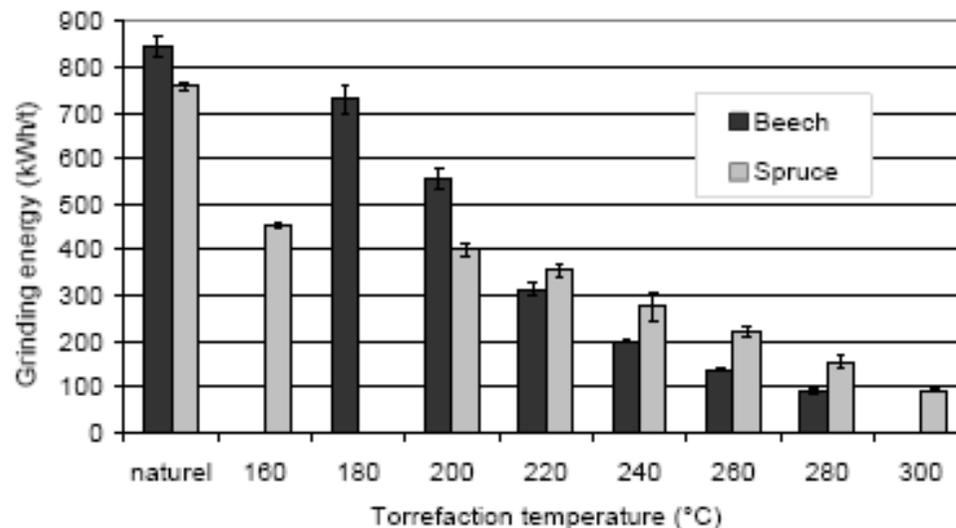


Schéma de principe du réacteur de pyrolyse flash "twin-screw" de Lurgi/FZK



Technologie de RFE



Technologie de gazéification à flux entraîné	Charge
GE (ex Texaco)	Slurry
Shell SCGP	solide sec
Shell SGP	Liquide
ConocoPhillips	Slurry
Lurgi Air Liquide MPG	Slurry
Siemens SFGT	slurry/solide sec
Choren/Shell	Biomasse sèche

En Europe

Il n'y a pas de technologie industriellement prouvée pour l'objectif BTL aujourd'hui

Les améliorations et innovations à apporter



<u>Préparation de la biomasse</u>	Développement torréfaction Homogénéisation traitement thermique
<u>gazéification</u>	Robustesse procédé par rapport à la variabilité de la ressource
	Transport et introduction de la biomasse Développement de bruleur
	Etude de stabilité du procédé Etude des alcalins et des inorganiques
<u>Purification gaz et FT</u>	Catalyseurs, étape finale de nettoyage, filtration
<u>Intégration Procédés</u>	Intégration thermique Intégration process global
<u>Industrialisation Première génération à partir de 2015-2020</u>	Extrapolation, Démonstrateur Retour d'expérience
<u>Recherche de base</u>	Instrumentation en lignes Conduite du process Modélisation simulation Etude Matériaux Compréhension Physico chimiques des phénomènes
<u>Innovation</u>	Procédés allothermiques Couplage Energies Non CO2 Couplage Biocarburants 3G
<u>Etude technico économique</u>	Business modèles, Bioraffineries ACV, Etude ressources

Les forces de R&D en France sur la gazéification BTL



- **IFP/Axens: épuration des gaz, Fischer Tropsch, préparation de la biomasse, procédés, intégration, commercialisation licensing**
- **CNRS, Universités (Nancy) : matériaux, procédés**
- **CEA: Positionnement sur la filière thermochimique pour la production de carburants de seconde génération (BtL, BTH) ou pour la cogénération avancée (couplage SOFC)**
 - **Une équipe de 20 personnes depuis**
 - **Principaux thèmes d'étude :**
 - La ressource : caractérisation et prétraitement
 - Les technologies de gazéification
 - Utilisation du CO super critique
 - modèles physiques et outils de simulation
 - Instrumentation et matériaux
 - Voies allothermiques plasma, H₂ et couplage nucléaire
 - L'épuration et la mise aux spécifications du gaz
 - Les évaluations technico-économiques et la macro-économie (ITESE)
 - Soutien au projet BtL de Bure-Saudron

Un premier ensemble d'outils expérimentaux au CEA uniques en France mais encore insuffisants



LFHT
 40 bar
 1000°C
 1 kg/h continuous
 Started end of 2005
 8 tests performed

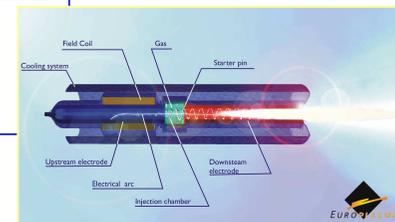


PEGASE
 4 bar
 1600°C during 2 s
 2 Nm³/h

First test november 2006

To be coupled with LFHT
 beginning of 2007

BIOMAP
 Torche Plasma
 25 kW



Recherche de base: de nouveaux outils à développer



Évaluation technique, économique et environnementale

Simulation de Procédés

Modélisation et simulation de réacteurs chimiques (opérations unitaires)

Modélisation

Physicochimique

- Thermodynamique
- Transports et Transferts (masse et énergie)
- Cinétique chimique

Résultats expérimentaux
Logiciels laboratoire

- Génie de la réaction chimique
- Échanges de chaleur
- Mécanique des fluides

Logiciels laboratoire ou commerciaux

Modèles de réaction hétérogène solide/gaz

Dimensionnement et optimisation d'opérations unitaires

- Données de procédés
- Structures de rendement des opérations unitaires
- Température et Pression

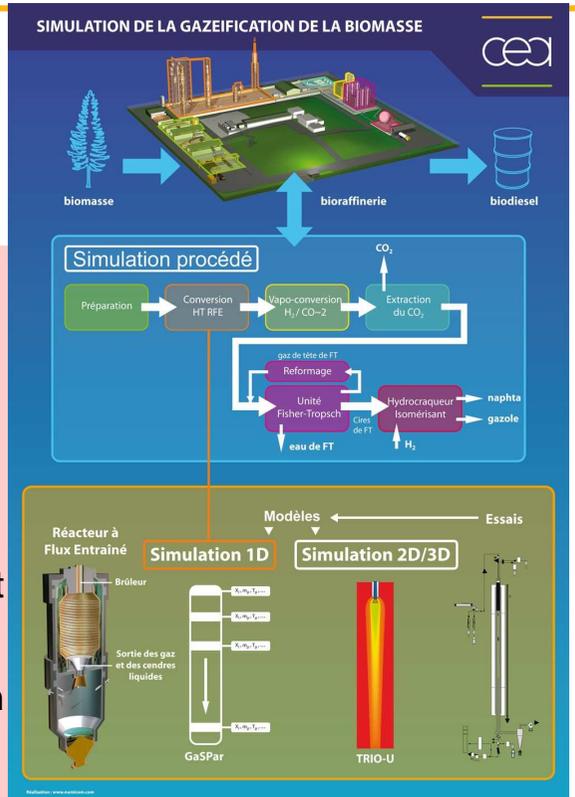
Logiciels commerciaux (ProsimPlus)

Calcul des bilans de matière et d'énergie

Particule (μm – mm)

Opération unitaire (m)

Procédé - usine



- Coûts d'investissement, de maintenance, de fonctionnements
- Émissions, effluents
- Monétarisation des externalités

Filière

Échelle

Les procédés allothermiques : augmenter le rendement masse



Réaction de gazéification idéale : une réaction endothermique

Autothermique

La combustion consomme ~ 2C et 2 H₂

Restent: 4 CO + 4,5 H₂

Allothermique (énergie externe)

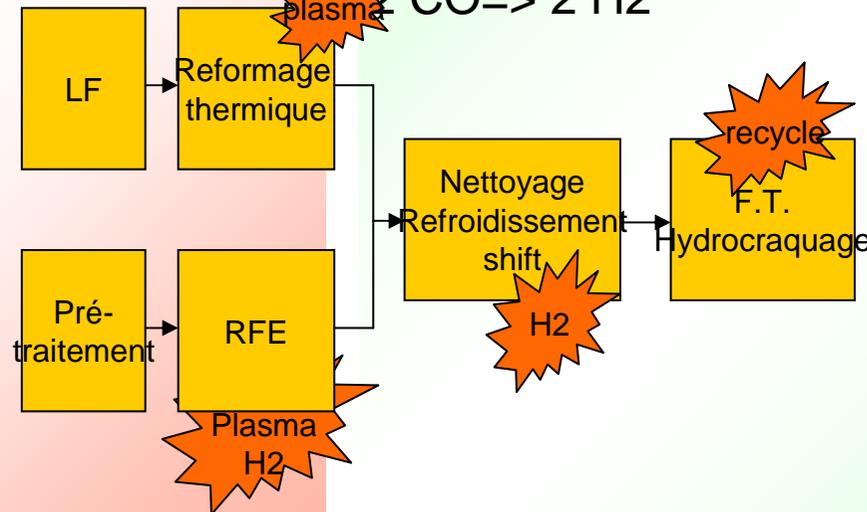
Restent 6 CO + 6,5 H₂

La synthèse de biocarburant nécessite: H₂/CO ~2

Réaction de **Gaz-Shift**:
1,5 CO => 1,5 H₂

Shift
CO => 2 H₂

Pas de shift, mais
Apport H₂ externe

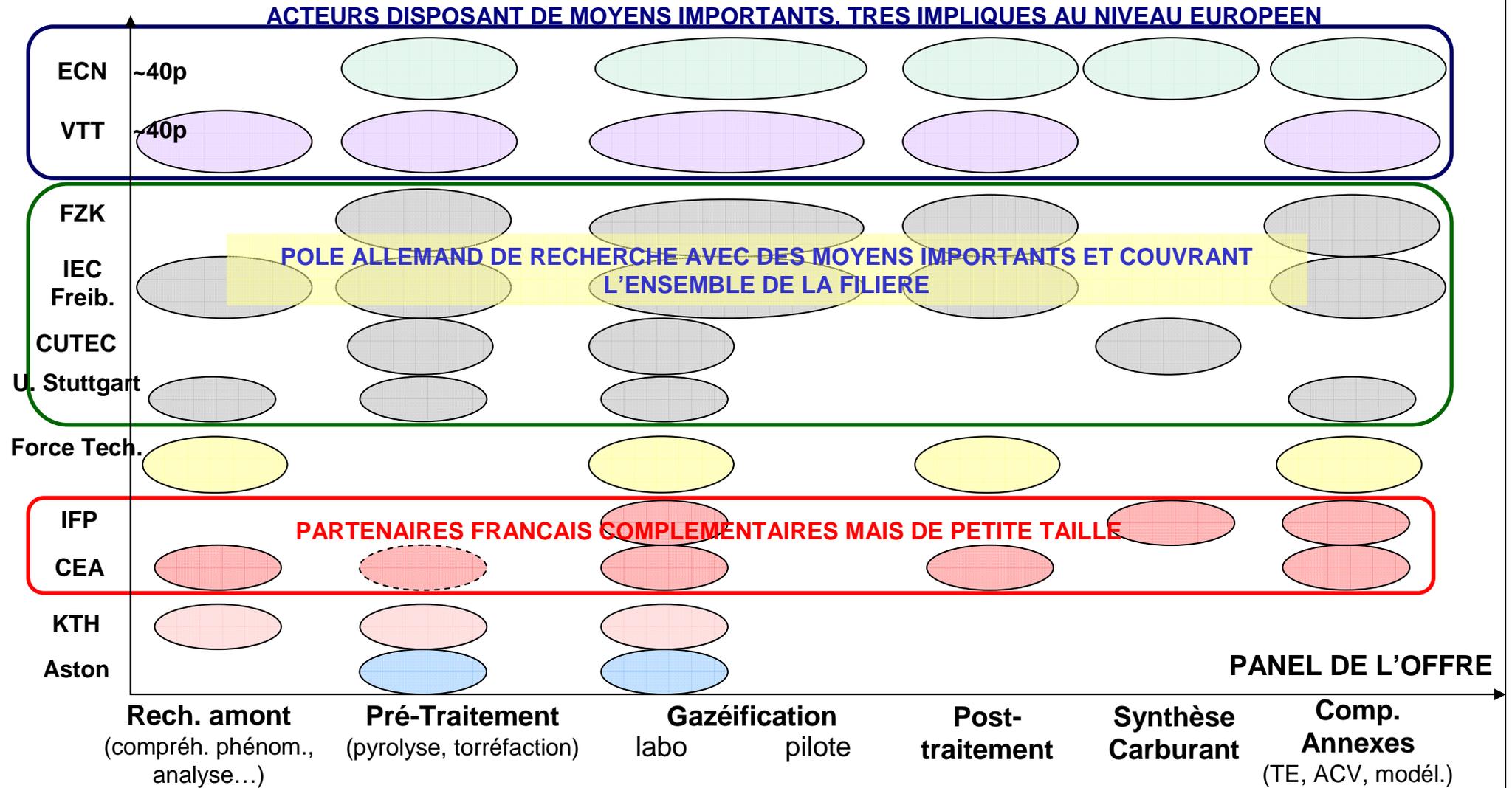


Rendement masse ~ **15%**

Rendt masse ~ **30 %**

Rendt masse ~ **48 %**

Cartographie de la R&D européenne



Le CEA et CNRS travaillent sur de technologies de rupture complémentaires des biocarburants 2G



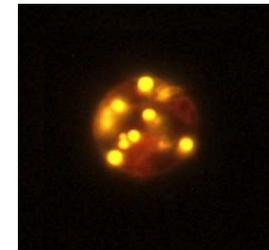
- Production massive d'hydrogène à partir du nucléaire et Production d'hydrogène à partir de renouvelables
 - 40 personnes
- Biocarburants 3 ème génération Bio huiles (Cadarache) et Biohydrogène
 - 30 personnes, labo mixte CEA CNRS
- Des moyens de calcul et de simulation



BIOHYDROGENE
DSV

Microalgues

HélioBiote



Certaines microalgues accumulent jusqu'à 60% de leur poids sec en lipides en réponse à une carence minérale (N, Si,...)

Conclusion(1/2): une R&D en France à structurer, développer, financer



- Bonnes compétences complémentaires de départ (CEA, CNRS, IFP Universités)
- Des projets de démonstration et industriels qui démarrent
 - Cela permettra de soutenir un premier effort de Recherche industrielle
- ***Besoin d'une structure de R&D forte en France en collaboration avec la recherche européenne***
 - CNRS, IFP, CEA: ossature d'un soutien de premier plan au développement industriel/ Exploration de ruptures technologiques
 - A condition de collaborer avec les autres centres européens
 - **Recherche de base: insuffisamment financé en France**
 - Budget ANR ridicule: 2M€/an environ
 - Besoin de compléter des infrastructures expérimentales
 - Programme de modélisation/simulation



Conclusions (2/2):

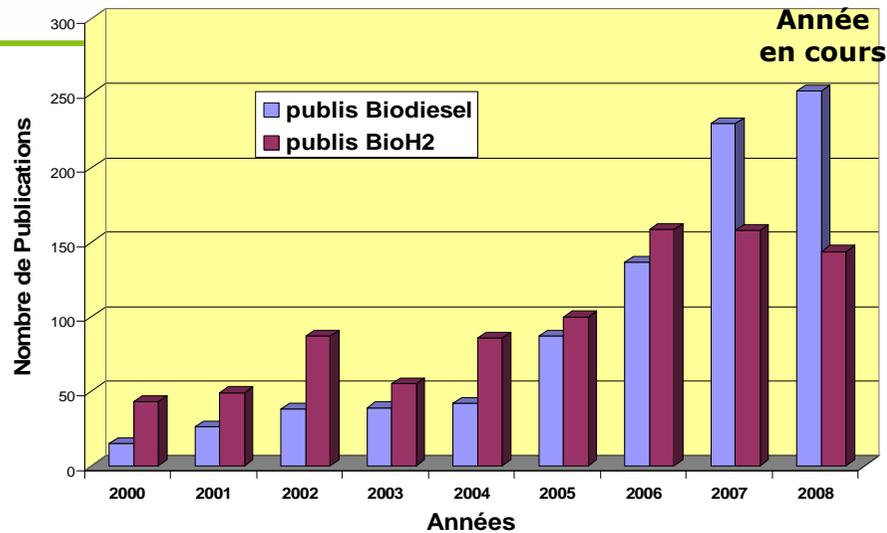
Dépasser les générations de biocarburants et développer un potentiel d'innovation

- Augmenter dès maintenant les recherches sur les biocarburants 2G innovants/3G
 - Attention: financement et montée en puissance aux USA!
- Génération 2 et Génération 3 ne sont pas opposés!
- Développer les synergies entre les énergies, les complémentarités:
 - Apport de H2 ex-nucléaire
 - Apport de H2 de la troisième génération pour upgrade les futures unités 2G ?
 - Favoriser la créationstart up dans ce domaine pour stimuler l'innovation
- Privilégier une approche globale Analyse des systèmes Energétiques
 - Technico économie
 - ACV, approche multi-critères

Evolution des publications et brevets depuis 2000

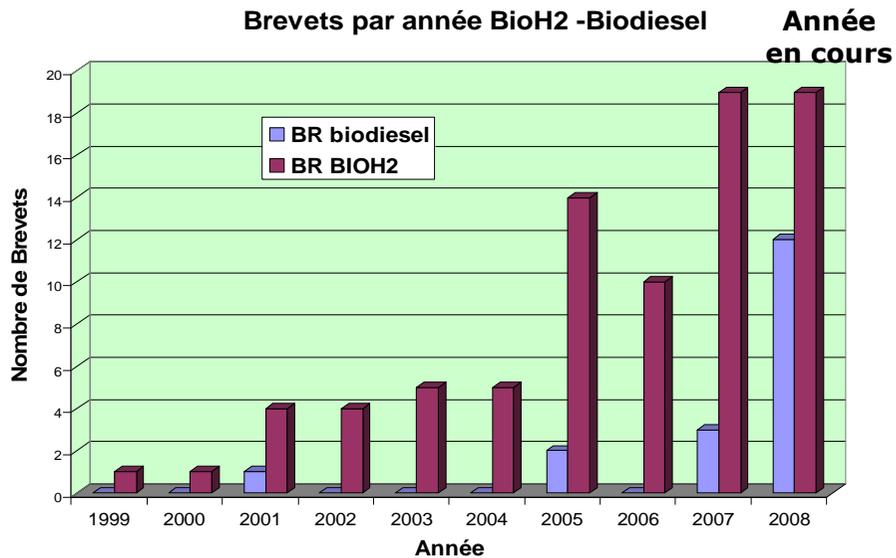


Bibliographie BioH2 - Biodiesel



Nombre total publications
BioH2 (voie biologique)= 835
Biodiesel= 871

Nombre total brevets
BioH2= 82
Biodiesel= 18





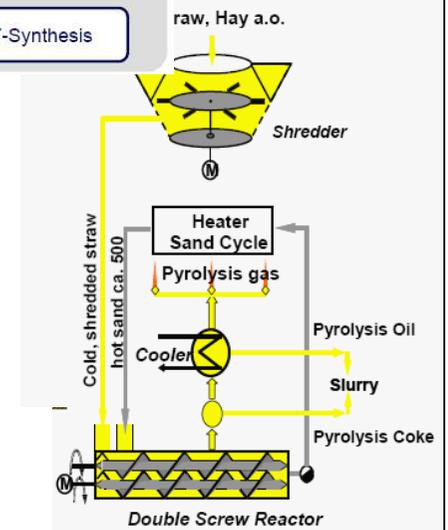
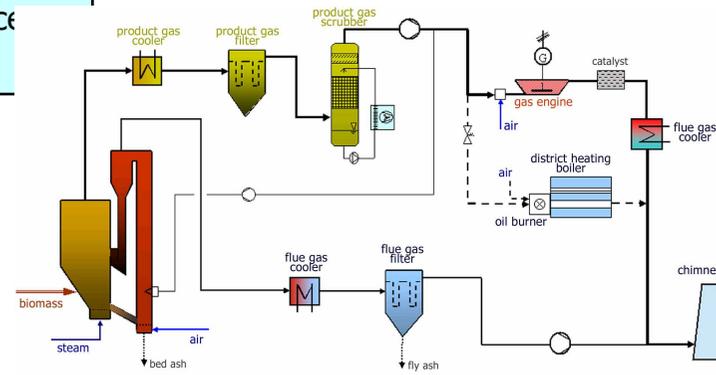
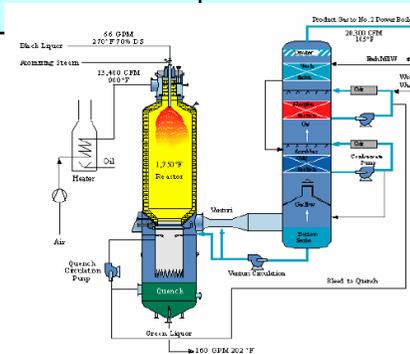
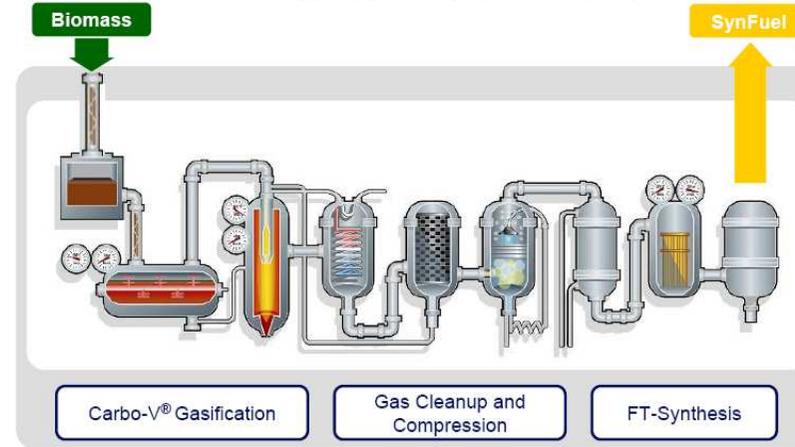
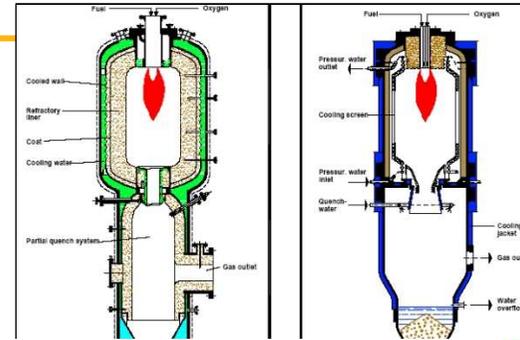
Merci de votre attention

Paul.lucchese@cea.fr

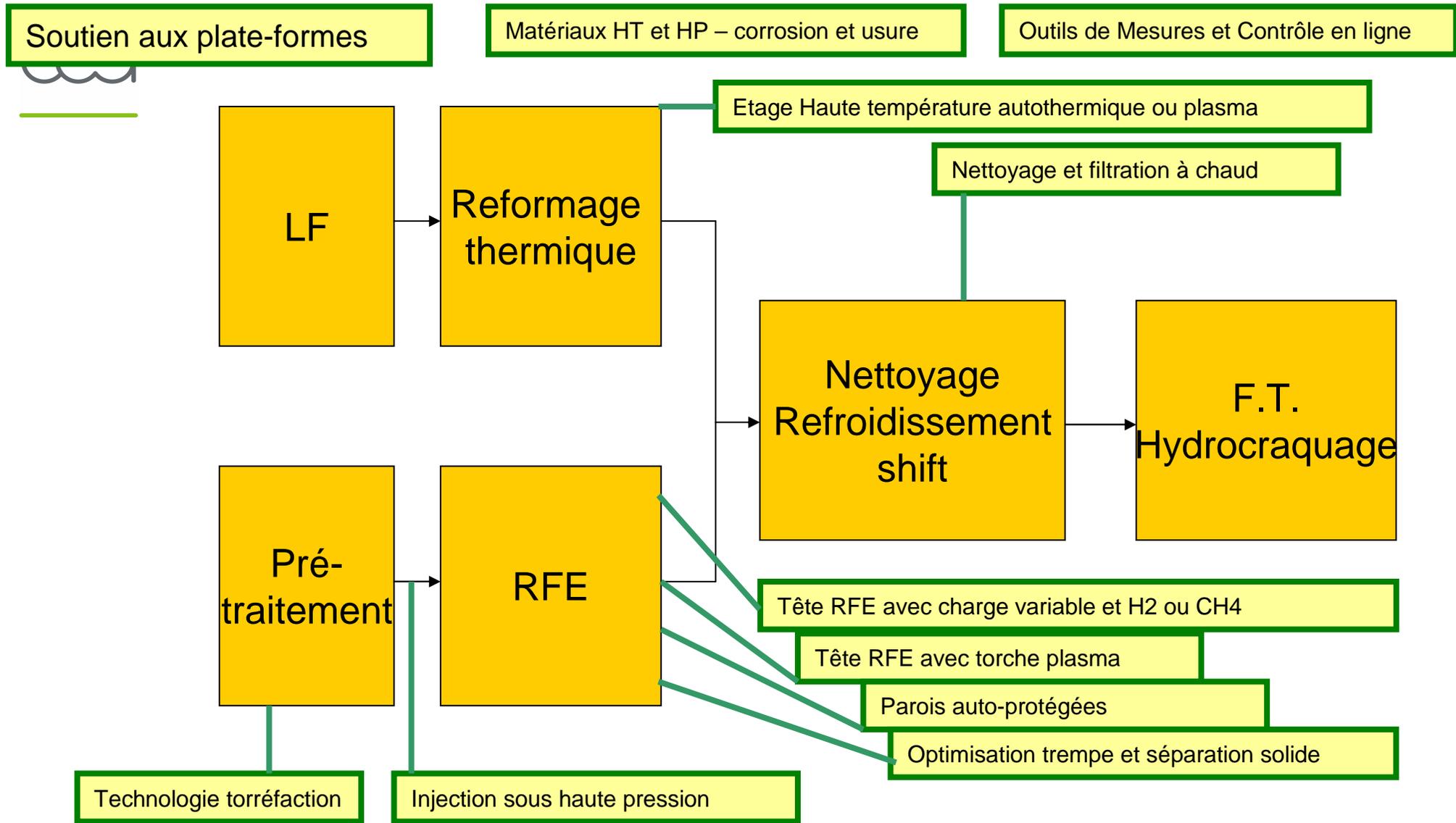
Etat de projets en cours



Société	Taille de la démonstration	Existence d'un pilote
Siemens	≈5 MWth	En service
Choren	≈1 MWth 45 MWth	Hors service En cours de commissioning
AL-Lurgi Bioliq 2	≈5 MWth	En projet
Gussing Lit fluidise	8 MWth	En service
Chemrec	≈3 MWth	En service



Objectifs technologiques principaux

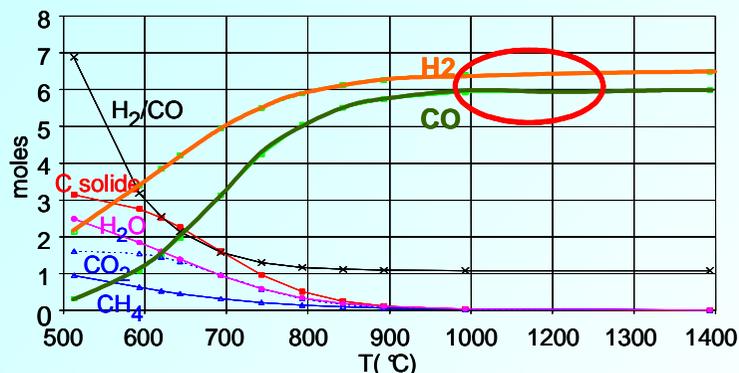


Evaluation et choix de procédés pour la gazéification BtL



Procédés Haute Température

- Approche thermodynamique:



- Au niveau cinétique:

La haute température (1250-1500°C) favorise

- Le craquage des goudrons
- Le reformage du méthane en CO + H₂
- La fusion des cendres
- Et limite le CO₂

IDEAL POUR PRODUCTION CO & H₂

Procédés Haute Pression

- Fin de procédé sous pression
30bar =>Gas-shift
20-40bar =>Synthèse Fischer-Tropsch
~70bar =>Synthèse Methanol
- Limitation du nombre d'étages de compression
=>amélioration du rendement énergétique
- Réduction du coût d'investissement et des contraintes technologiques pour les grandes unités (> 50 MWth)
- Optimisation de la chaîne de nettoyage du gaz