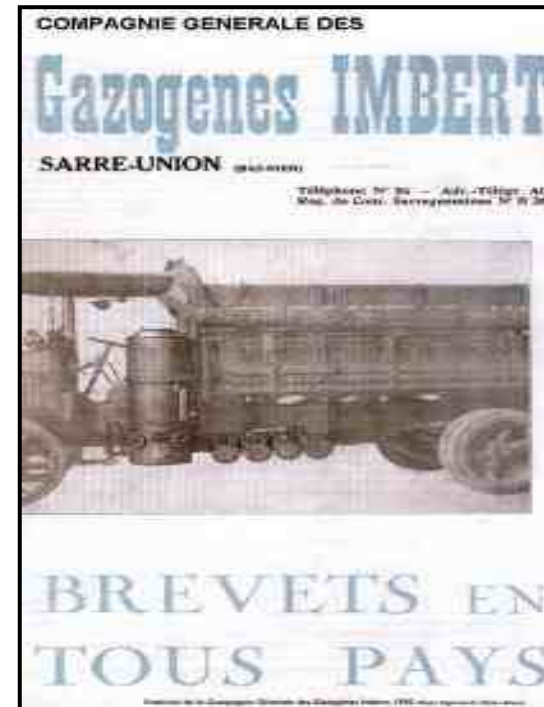
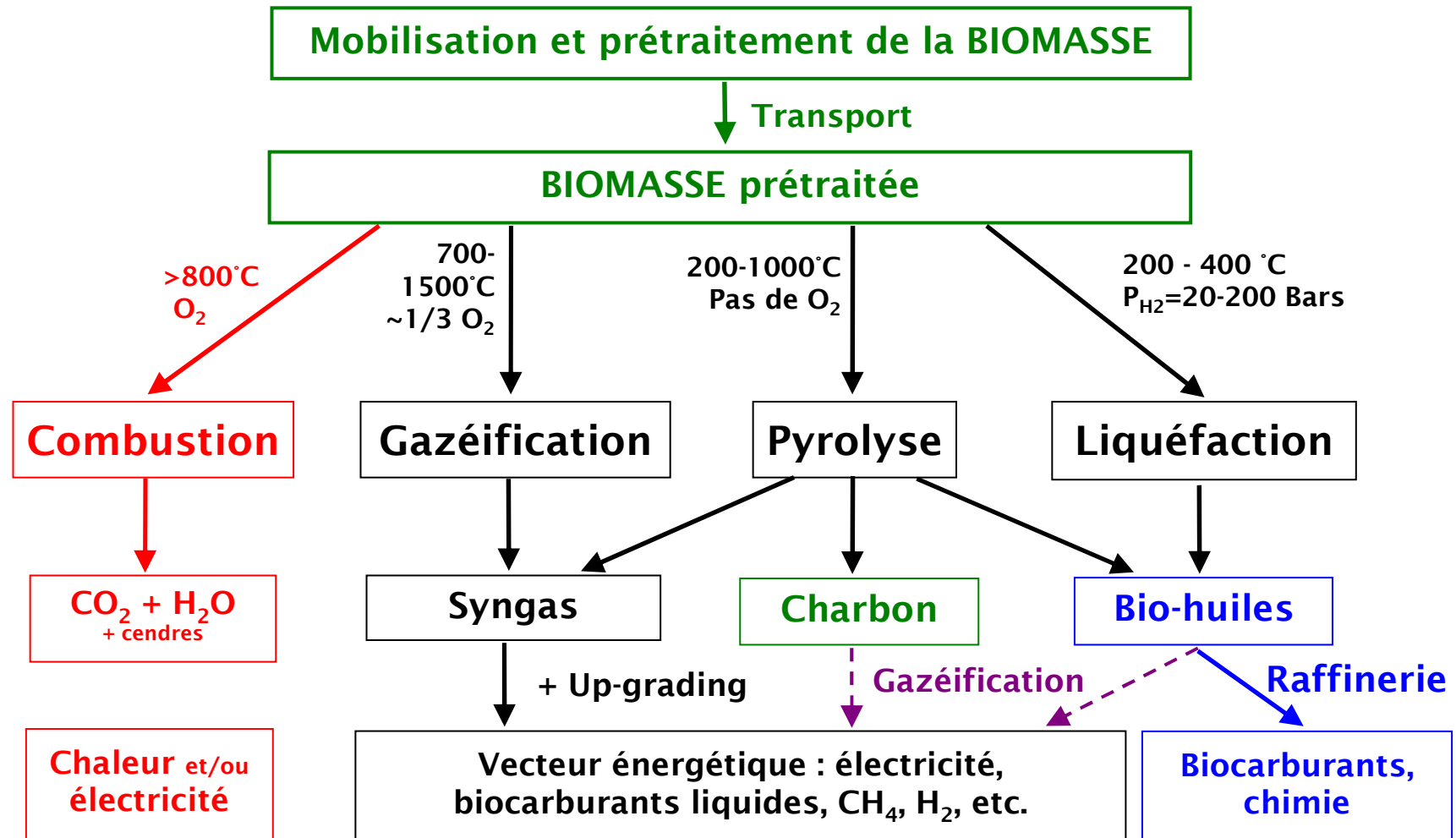


# Principes et enjeux de la pyrolyse et de la gazéification de la biomasse

Anthony Dufour

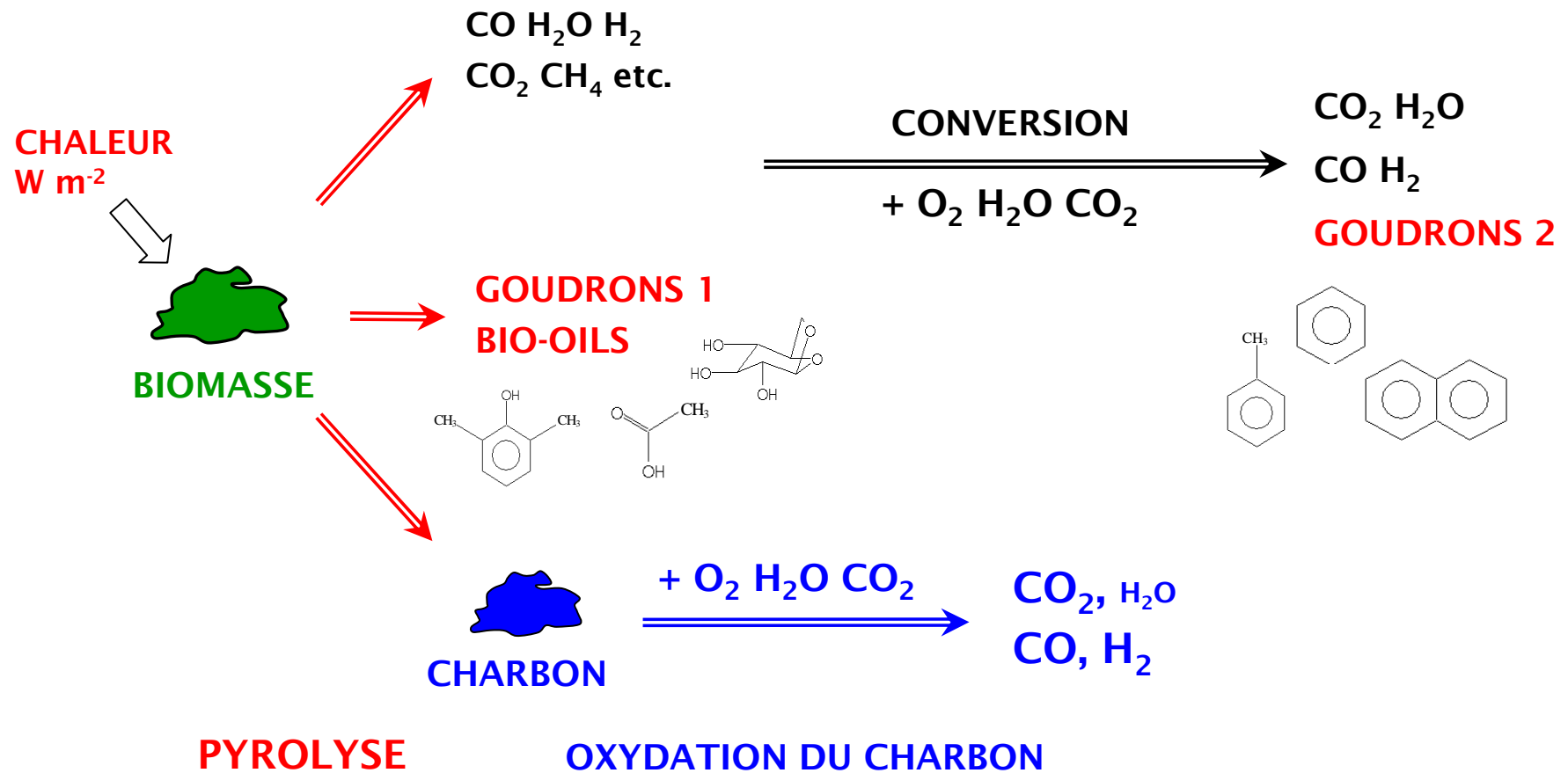


# Principales filières de conversion thermo-chimiques



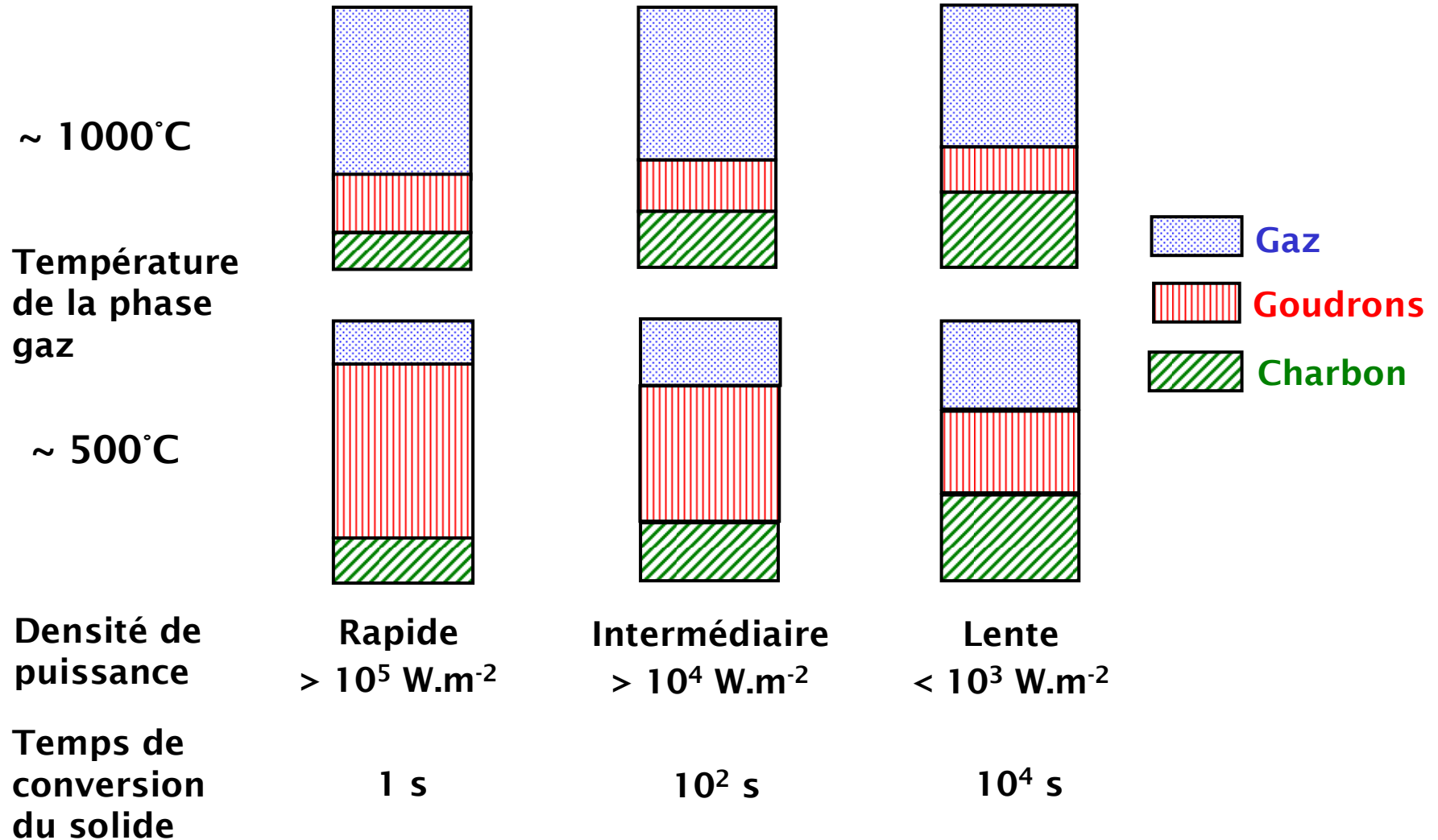
# Principales réactions dans les procédés de conversion thermo-chimique

La pyrolyse est la première réaction, clef, dans tous les procédés



# La distribution des produits de pyrolyse est fonction de la puissance de chauffe

Deglise, 1981



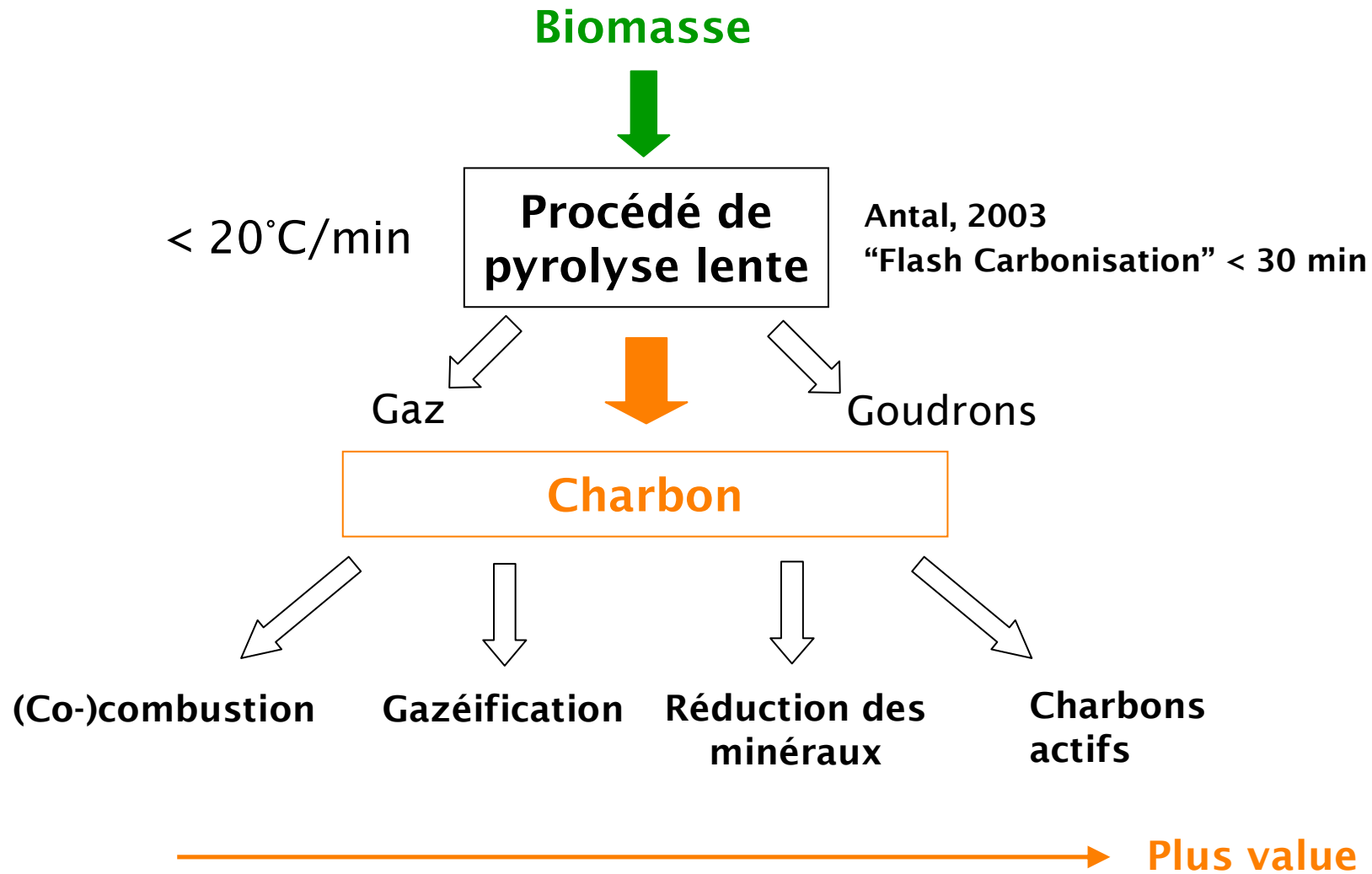
# Les procédés de production de charbon de bois sont très anciens...

“L’industrie” du charbon de bois !...



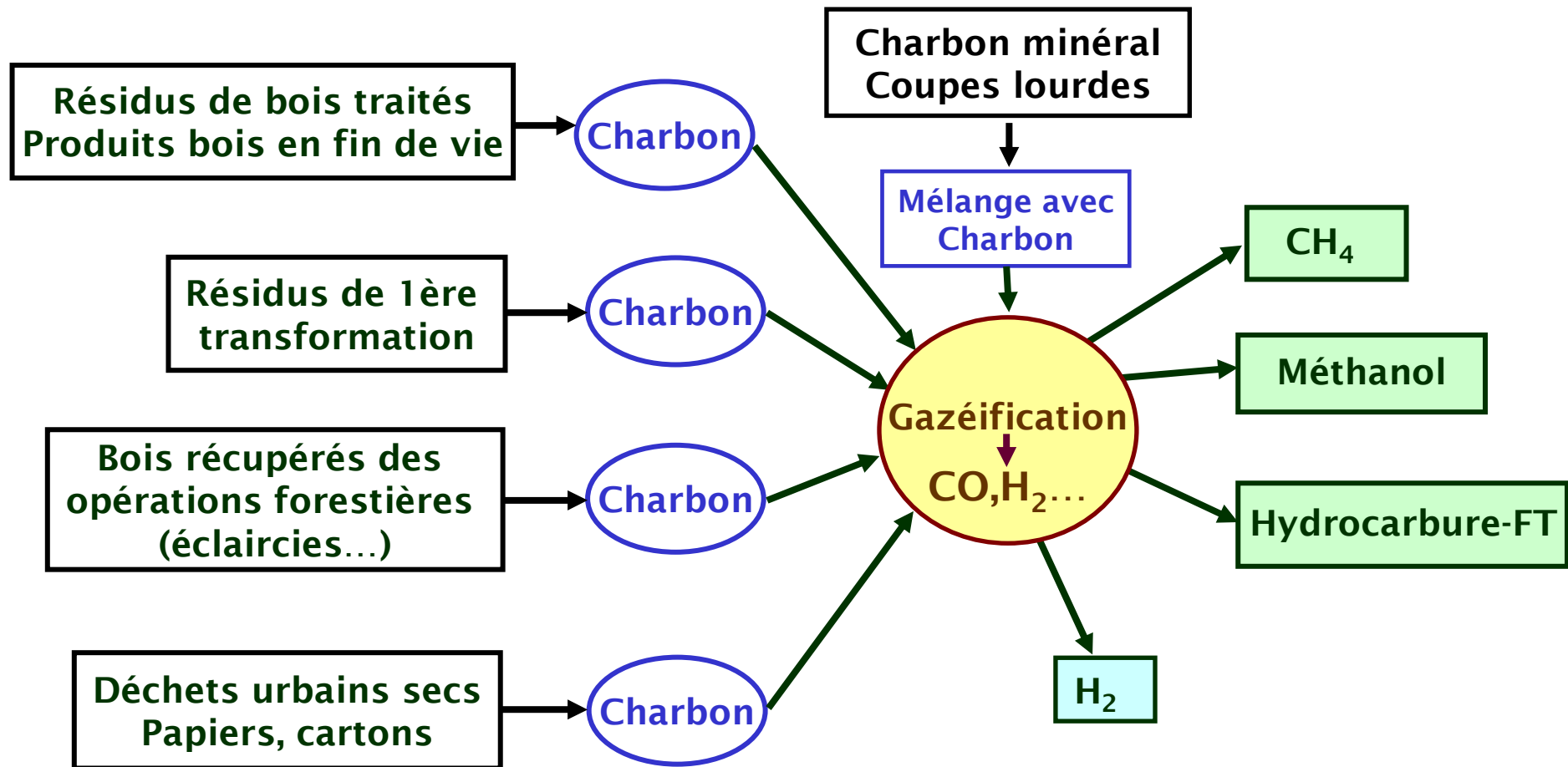
Perré, 2010

# Usages du charbon de bois



# Usages du charbon de bois

Le charbon pourrait être un intermédiaire pour la production de vecteur d'énergie ou de molécules chimiques



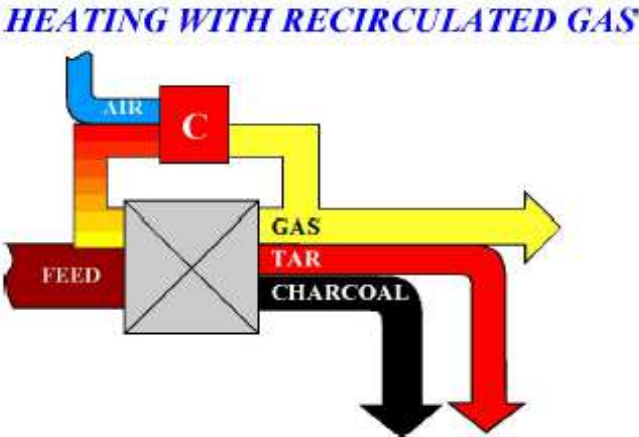
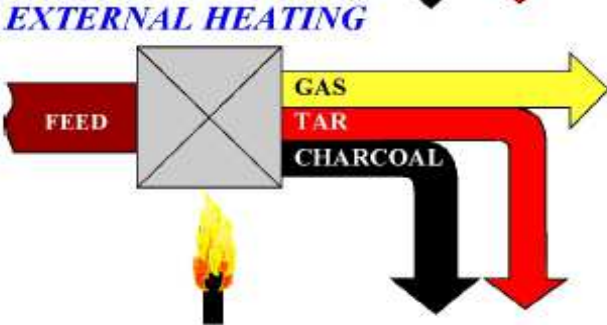
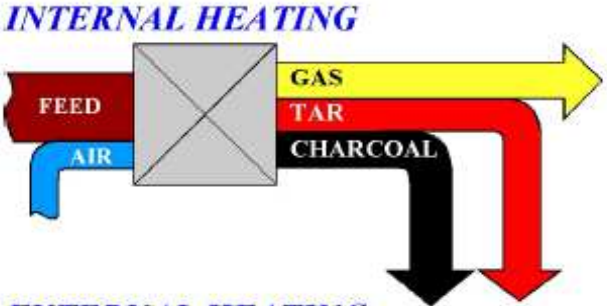
## Procédés batch de production de charbon de bois



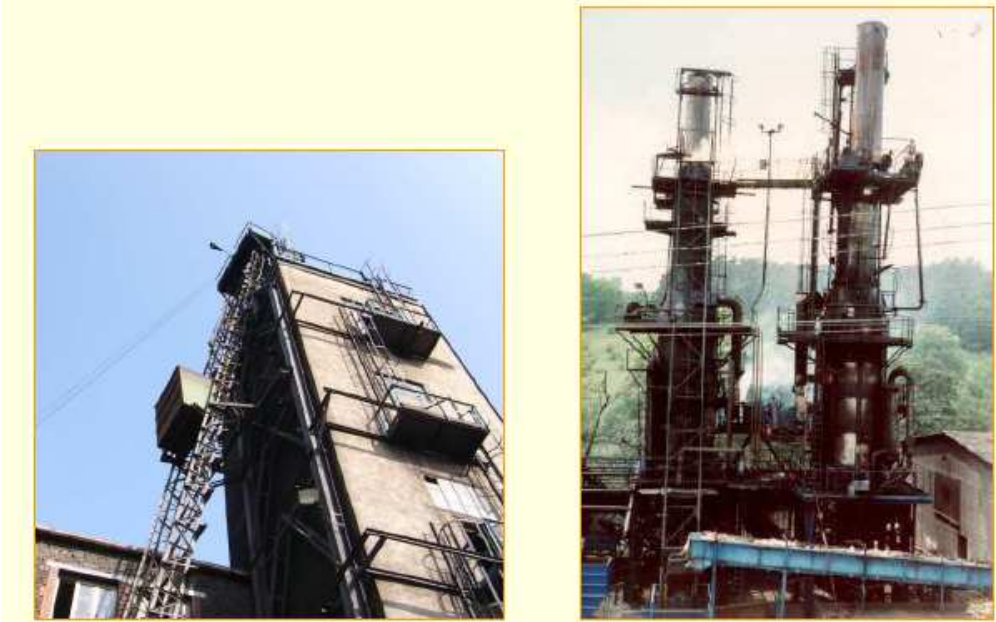
Brito, 2009



# Des procédés batch aux procédés continus...

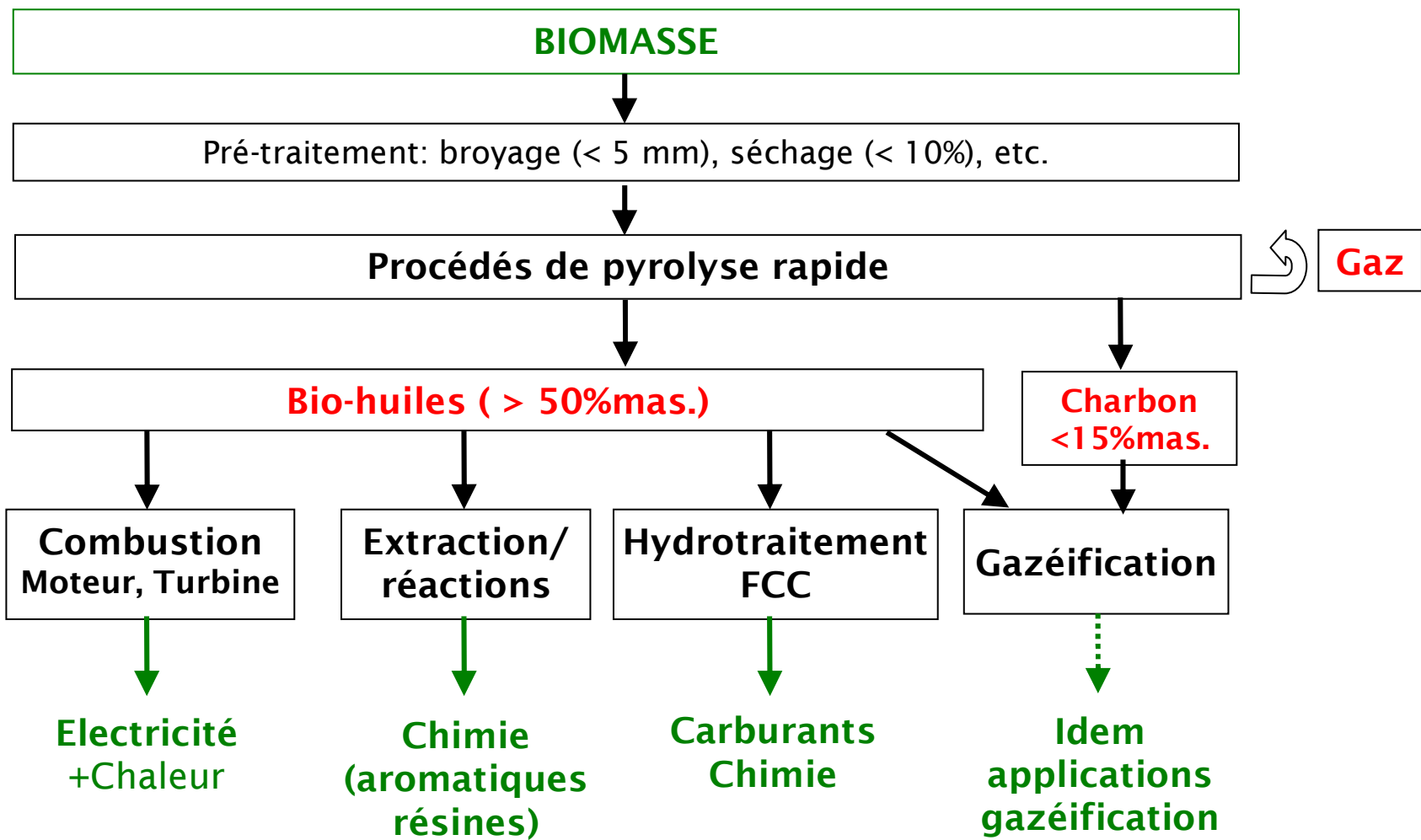


Gronli, 2002



Napoli, 2009

# Principales applications pour les bio-huiles produites par pyrolyse rapide





# Propriétés physico-chimiques des bio-huiles

	bio-huiles	<i>fioul lourd</i>	commentaires
Teneur en eau (% m.)	15-30	0.1	
<b>pH</b>	<b>2.5</b>		<b>bio-huiles acides</b>
<b>Densité</b>	<b>1.2</b>	<b>0.94</b>	
Composition élémentaire (% m.)			
C	54-58	85	
H	5.5-7.0	11	
<b>O</b>	<b>35-40</b>	<b>1.0</b>	<b>non-miscibles aux HC</b>
N	0-0.2	0.3	
<b>S</b>	<b>&lt;0.05</b>	<b>2.5</b>	
<b>inorganiques</b>	<b>0-0.2</b>	<b>0.03</b>	<b>problèmes avec catalyseurs</b>
PCS (MJ/kg)	16-19	40	
<b>Teneur en solides (% m.)</b>	<b>0.2-1.0</b>	<b>1</b>	<b>érosion injecteurs</b>
<b>Résidu distillation (% m.)</b>	<b>jusqu'à 50</b>	<b>1</b>	<b>bio-huiles instables vs T</b>

Czernik, S.; Bridgwater, A. V. *Energy Fuels* 2004, 18, 590-598 (modifié par Mauviel, 2009)

Autre problème : stabilité de l'huile à froid (séparation de phase)

# Différents types de réacteurs de production de bio-huiles par pyrolyse rapide

**Lit fluidisé (ex.: Dynamotive, Aston, Hamburg)**

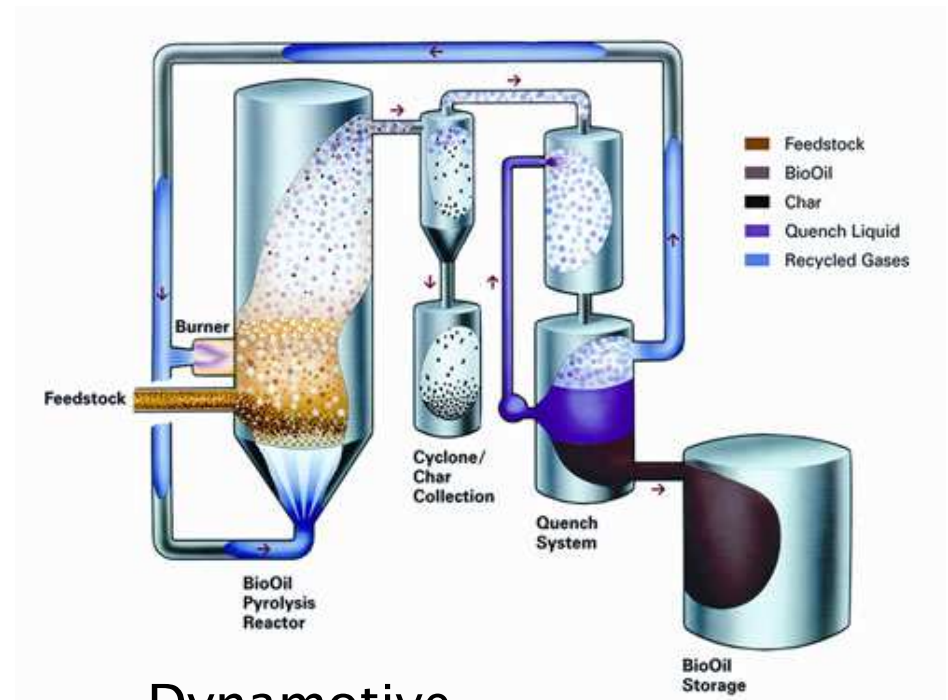
**Pyrolyse ablative (ex.: Lede, 1987, NREL, Aston)**

**Pyrolyse sous vide (Pyrovac)**

**Cyclone (Lede, 1980, Twente)**

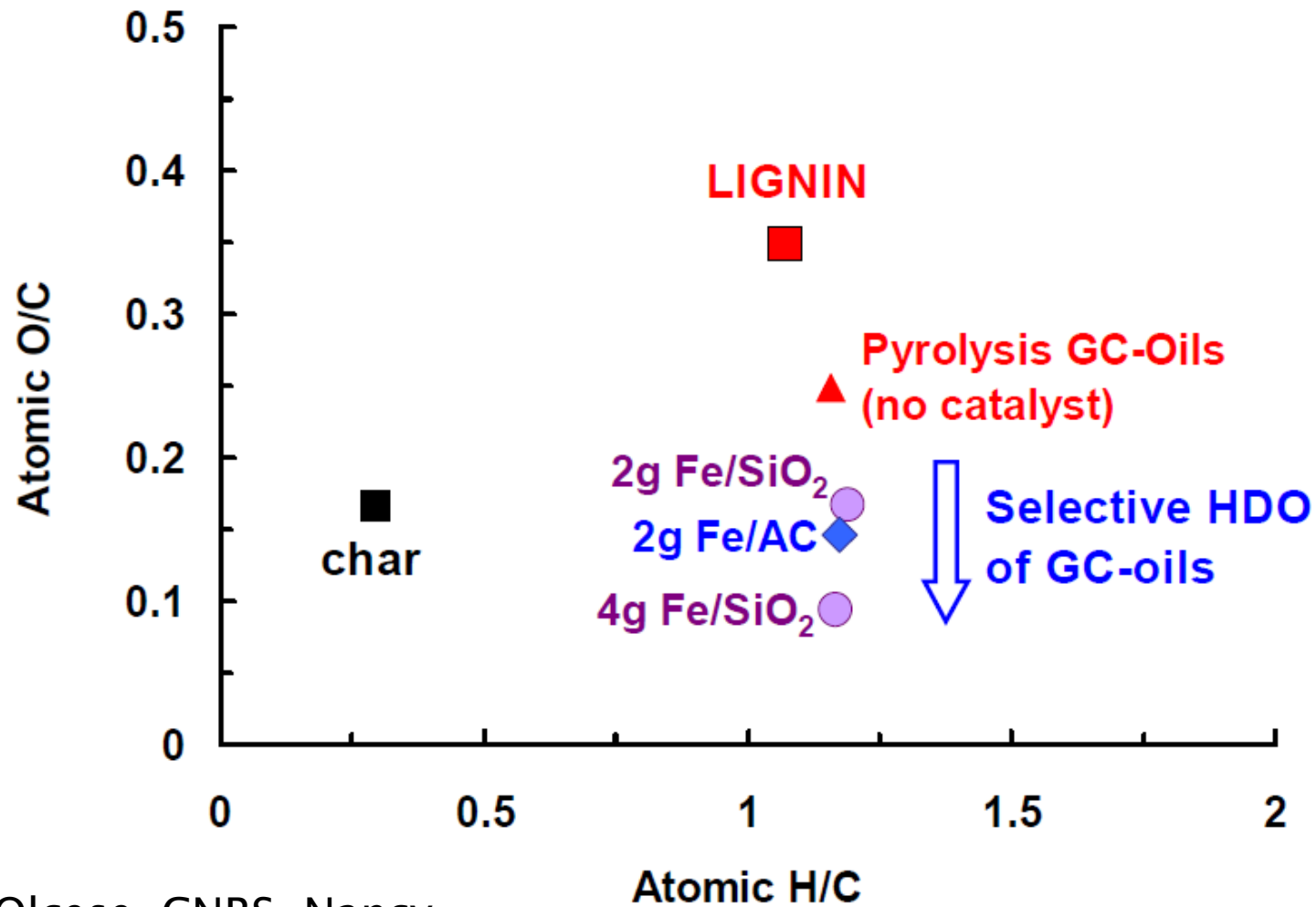
**Rotating cone (Twente/BTG)**

**Lit transporté (Ensyn)**

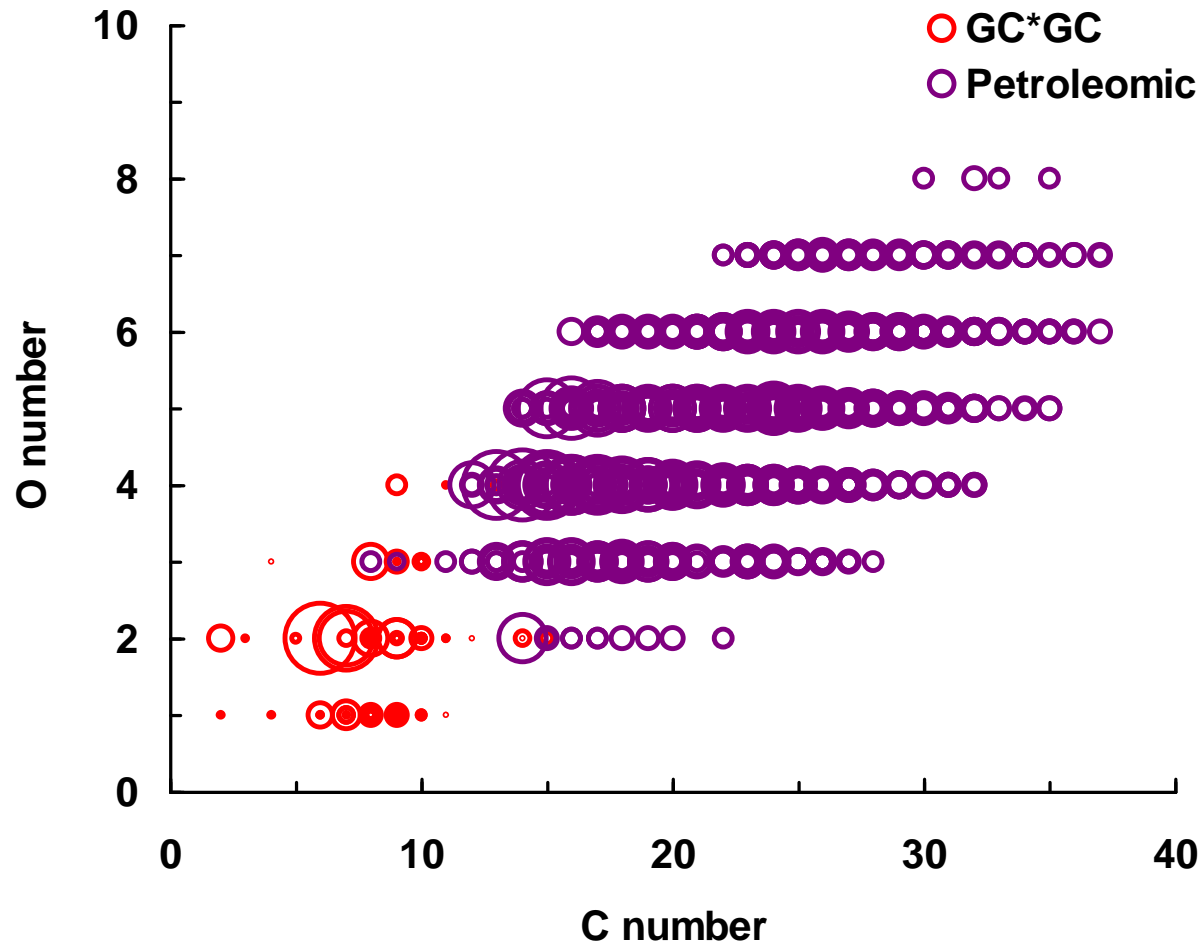


Dynamotive

## Il faut désoxygéner les bio-huiles avec des catalyseurs adaptés et robustes

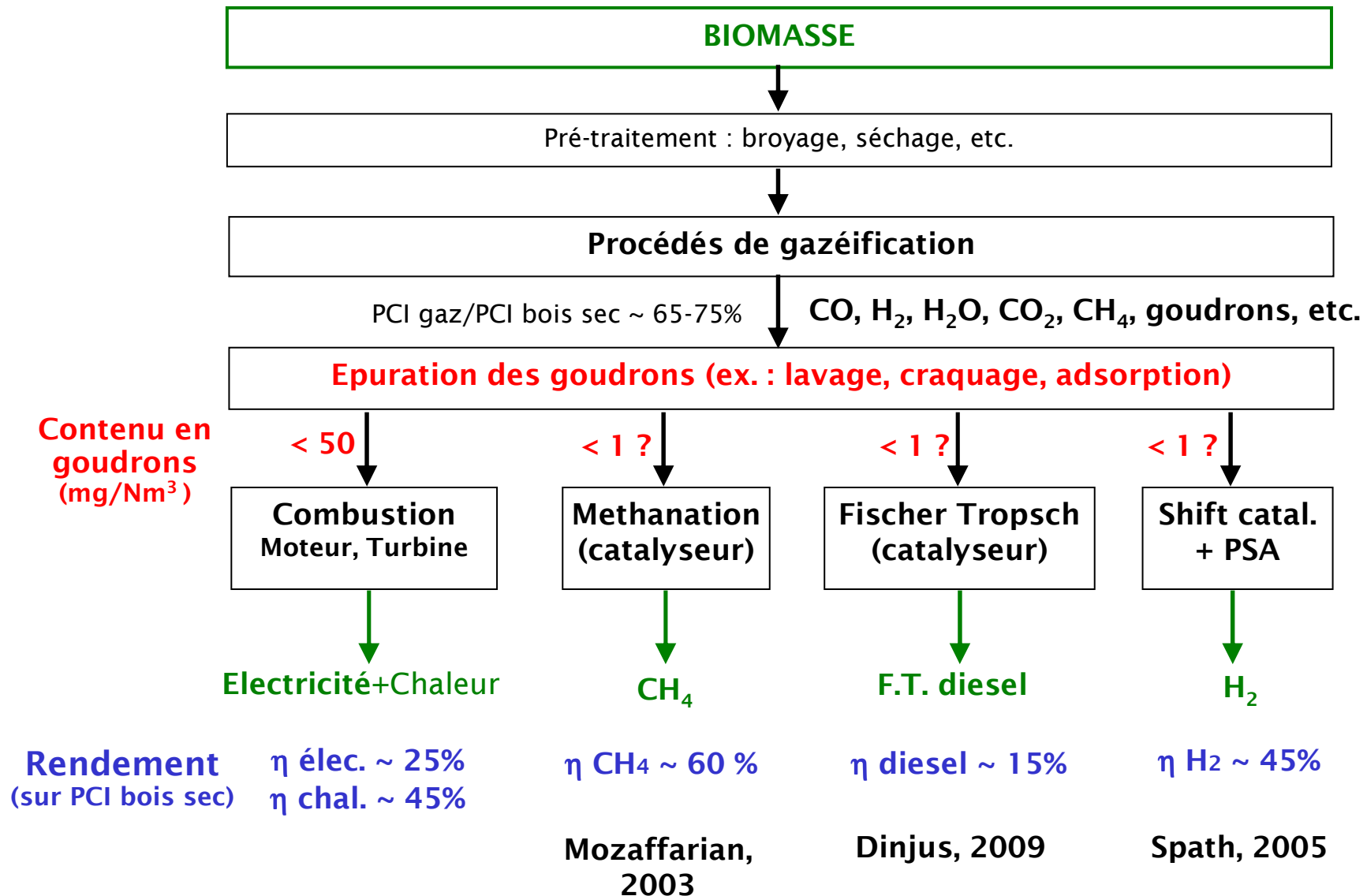


# Il faut être capable d'analyser les centaines de composés présents dans les bio-huiles !...



Plus de 500 composés sont analysés par spectrométrie de masse très haute résolution

# Principales applications de la gazéification



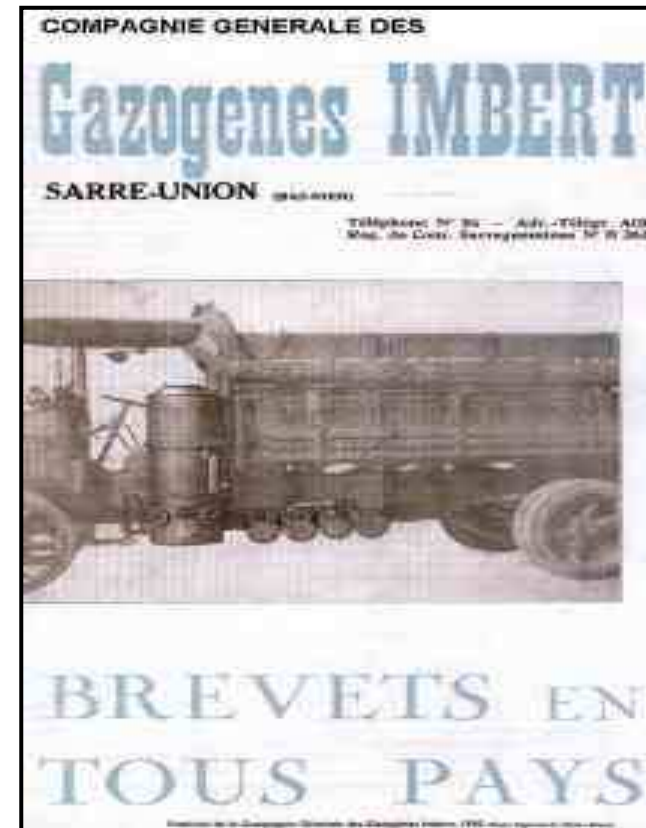


# Les gazogènes ont été développés durant les périodes de crise

Premiers gazogènes à Coke : 1801 Le Bon, 1839 Bishof, 1859 Frères Siemens

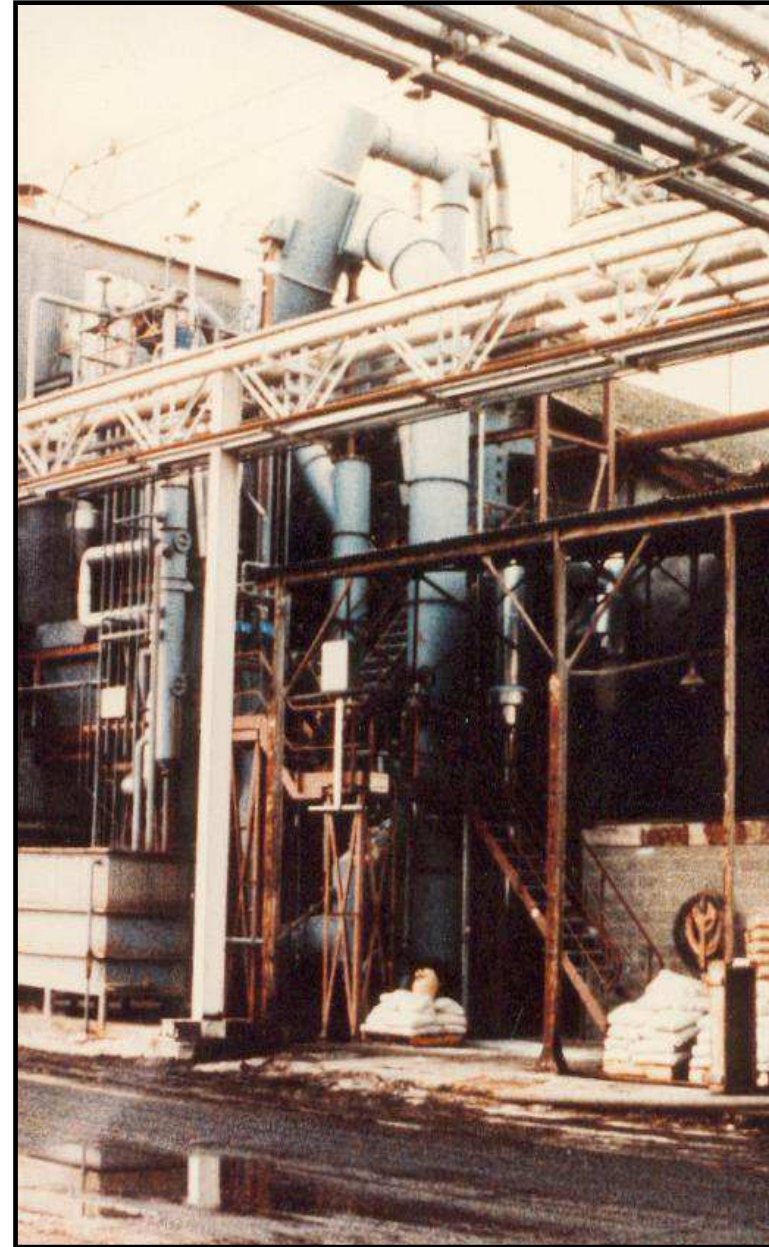
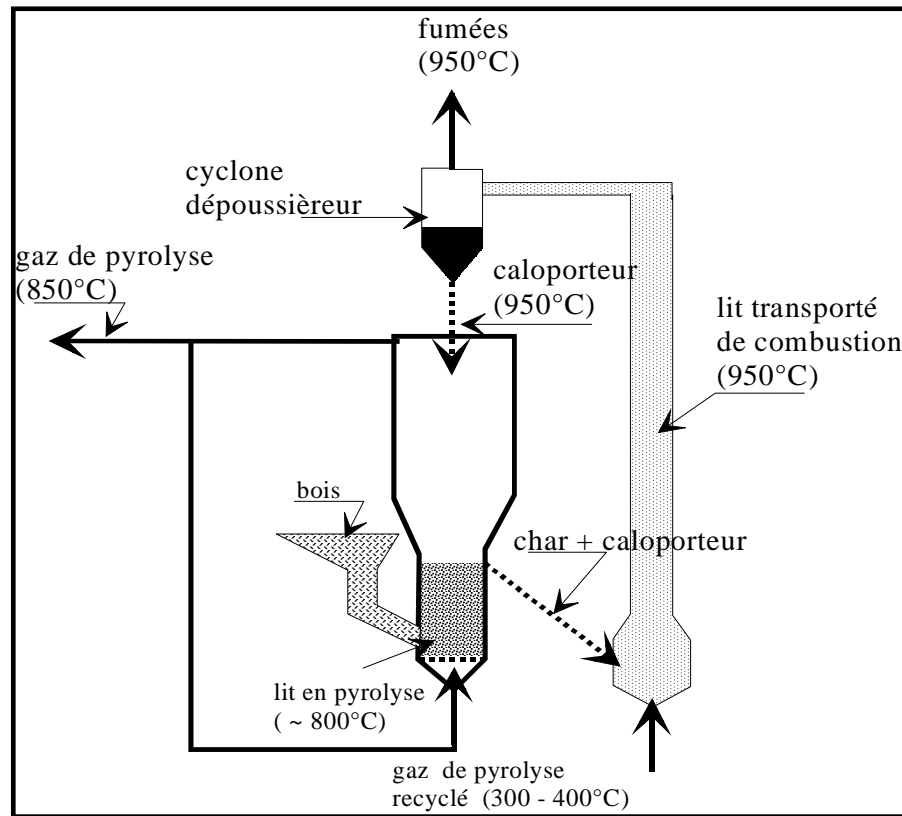
Gazogènes à Charbon de Bois : 1910 Cazes (Omnibus)

Gazogènes à Bois : 1920 Imbert



**TNEE/Cellulose du pin/St Gobain**  
**Un pilote de 500-1000 kg/h d'écorces**  
**de pin maritime a fonctionné dans**  
**une usine "Kraft" en 1984/1985.**

**Gaz à moyen PCI (~16 MJ/m<sup>3</sup>)**



# Il faut bien épurer les goudrons pour réduire l'encrassement des moteurs à gaz

## Retour d'expérience de Jenbacher

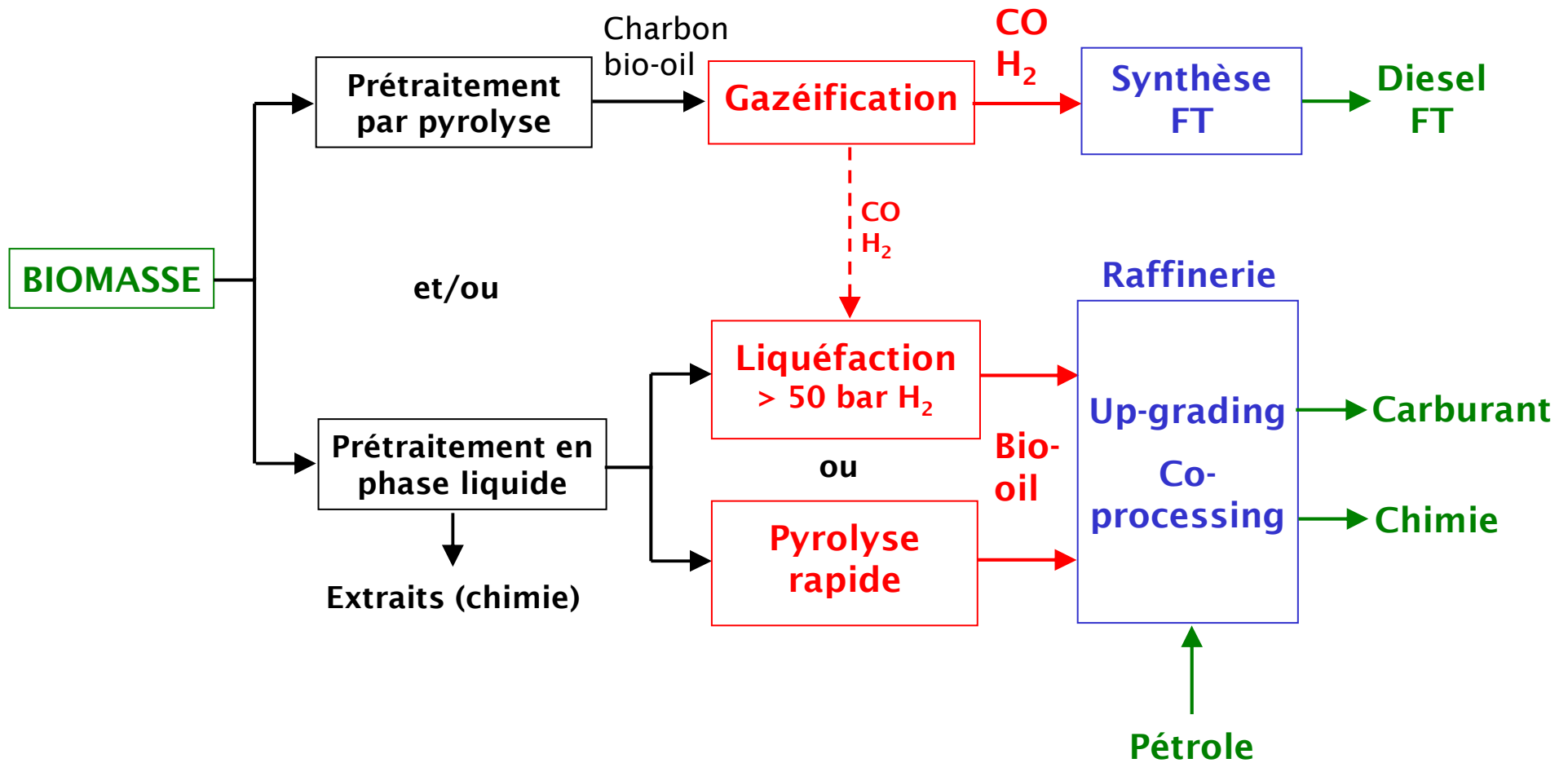


naphthalene crystals  
gas pressure  
control valve  
naphthalenes > 1g/sm<sup>3</sup>  
LHV = 5.414 MJ/sm<sup>3</sup>

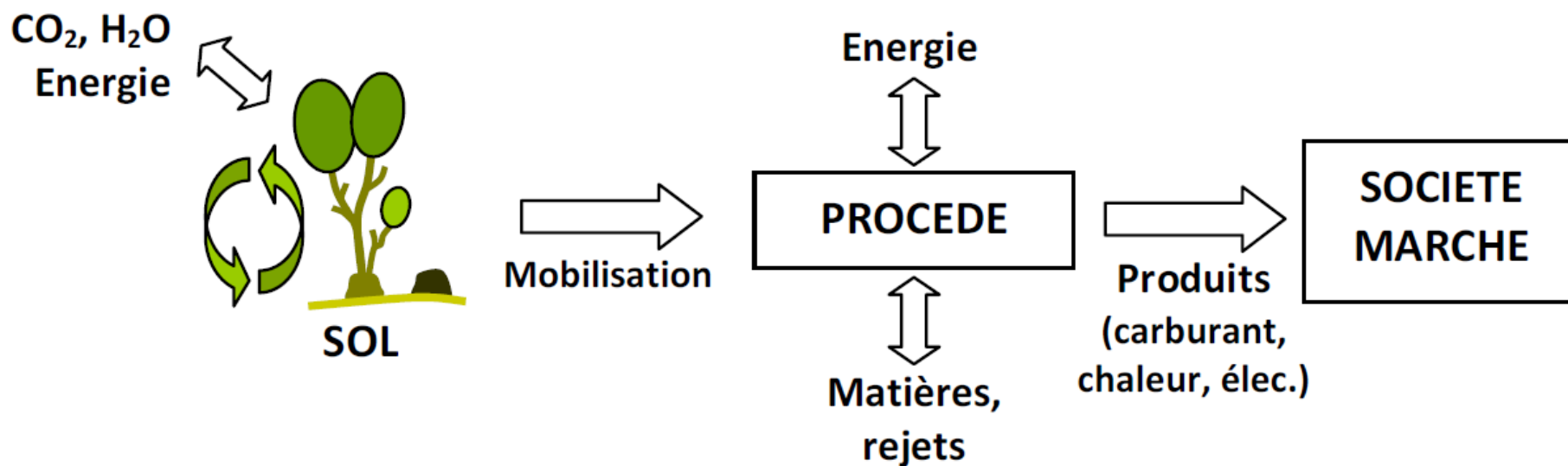
Deposit of coke & tar in the diffuser housing



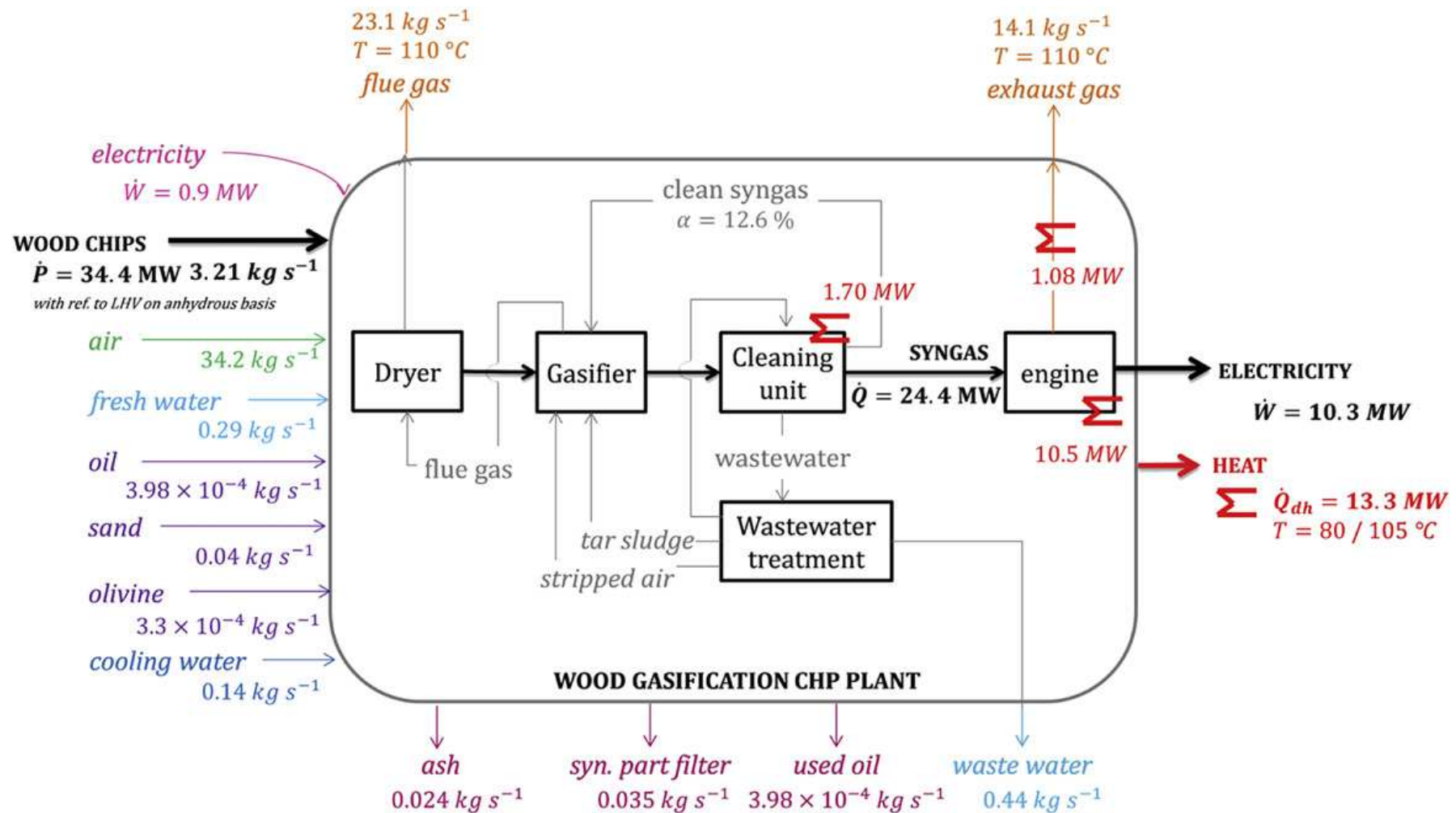
# Production de biocarburant de 2<sup>ème</sup> génération : Traitement des bio-huiles en raffineries ou synthèse Fischer-Tropsch ?



# Il faut bien évaluer les filières sur l'ensemble de leur cycle de vie : de la forêt à l'usage final

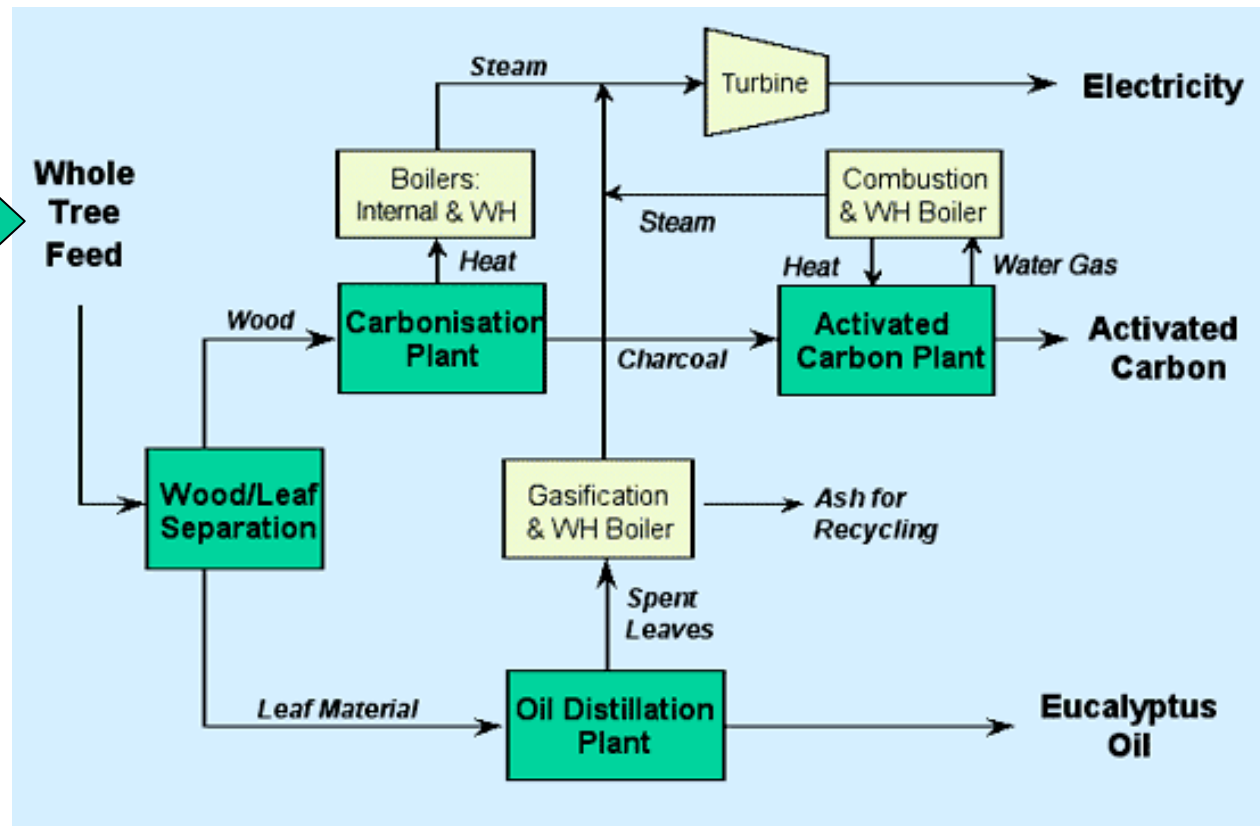
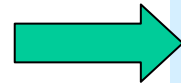


# Des modélisations détaillées sont développées à Nancy pour préciser les bilans des filières



En guise de conclusion, le projet Oil Mallee, en Australie, est un parfait exemple de valorisation intégrée de la biomasse...

Dépollution des sols par des eucalyptus sélectionnés génétiquement



Enecon, 2001

# Merci pour votre attention

L'équipe "GREENER"  
du LRGP, Nancy.



[anthony.dufour@univ-lorraine.fr](mailto:anthony.dufour@univ-lorraine.fr)





# Summary of our devices and modelling tools

## Reactors: from 20 to 2000°C

TG-DSC

Image furnace and laser heating (imposed heat flux density)

Catalytic fixed bed

High temperature fixed bed (up to 2000°C)

JSRs for tar (model or real compounds) gas-phase conversion

Screw reactor

Fluidised beds (pilot scale 3Kg/h)

## Analysis

Solid analysis: elemental analysis, ICP-MS & AES, MEB, N<sub>2</sub> sorption, Hg porosim., Raman, IRTF, etc.

Liquid analysis: LC-MS-UV-RI, GC\*GC/MS-FID

Gas analysis:  $\mu$ GCs, many GCs, on line IR, MS

## Models

CHEMKIN

ASPEN/FORTRAN