

## Valorisation thermochimique de la biomasse ligno-cellulosique

Laurent Van de steene – steene@cirad.fr

### Biomasse ?



#### CULTURES AGRICOLES

- cultures oléagineuses (colza, tournesol...)
- cultures sucrières (betteraves, canne à sucre)
- céréales (blé, maïs)
- ...

↓  
Biocarburants de 1<sup>ère</sup> génération



#### SOUS-PRODUITS AGRICOLES

- paille de blé
- balle de riz
- tiges de coton
- bagasse
- ...

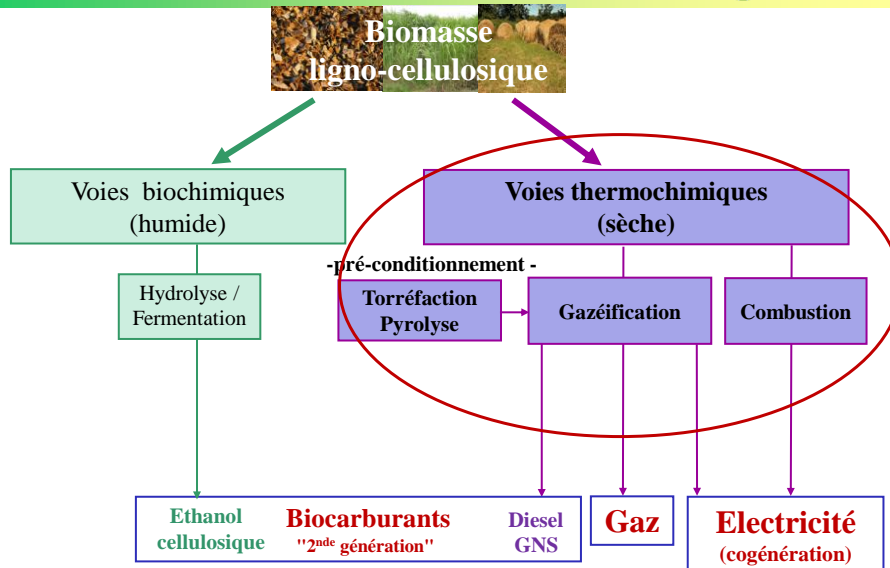


#### BOIS

- plaquettes forestières
- granulés
- sciures
- ...

Biocarburants de 2<sup>nde</sup> génération :  
valorisation de la partie ligno-cellulosique de la biomasse

## Les voies de valorisation énergétique

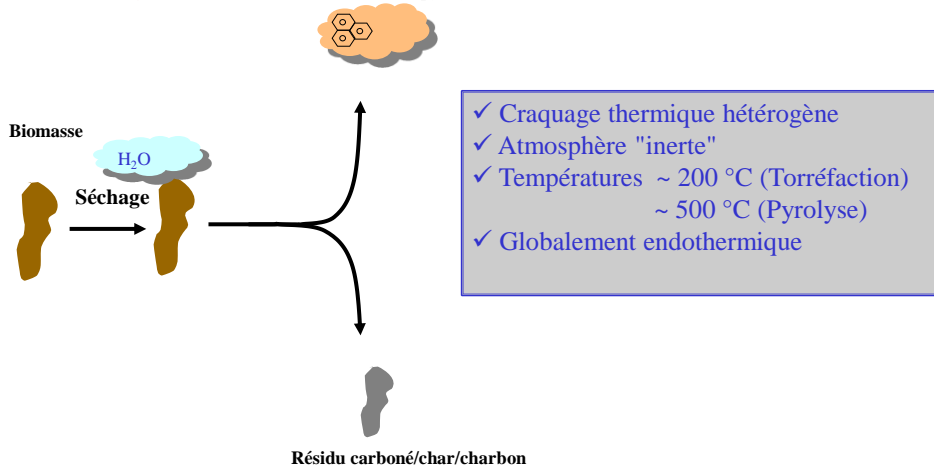


## Les transformations thermochimiques

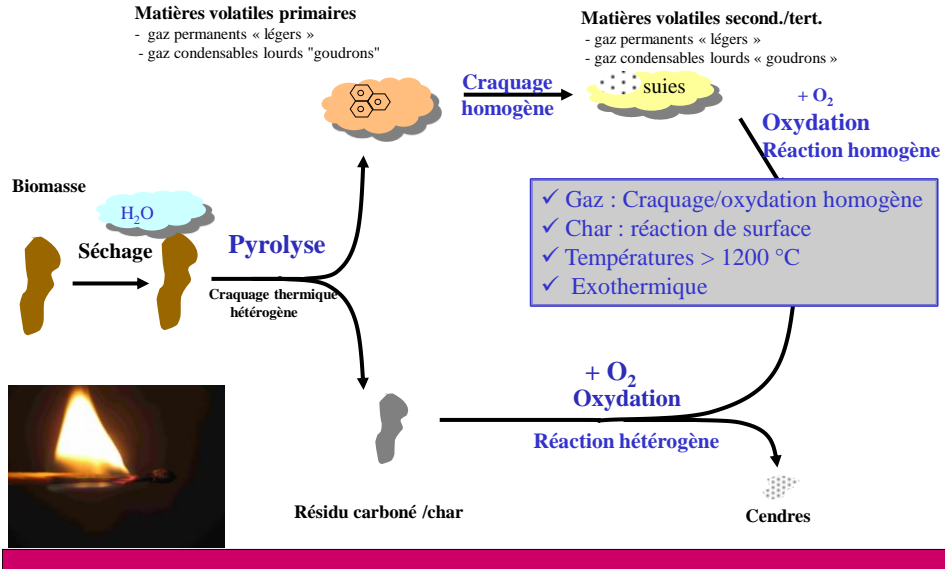


### - Pyrolyse et Torrification -

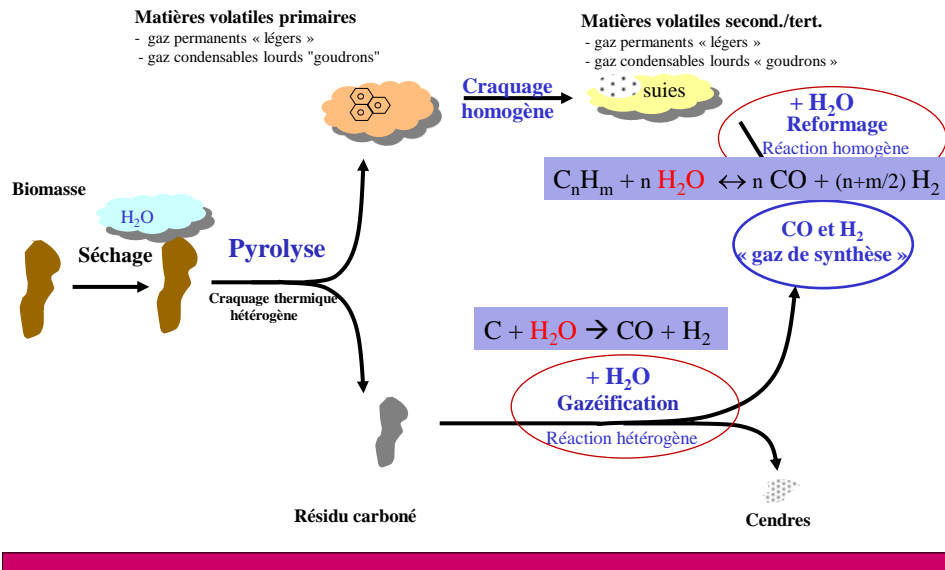
- Matières volatiles**
- gaz permanents « légers »
  - gaz condensables lourds "bio-huiles" (pyrolyse flash)



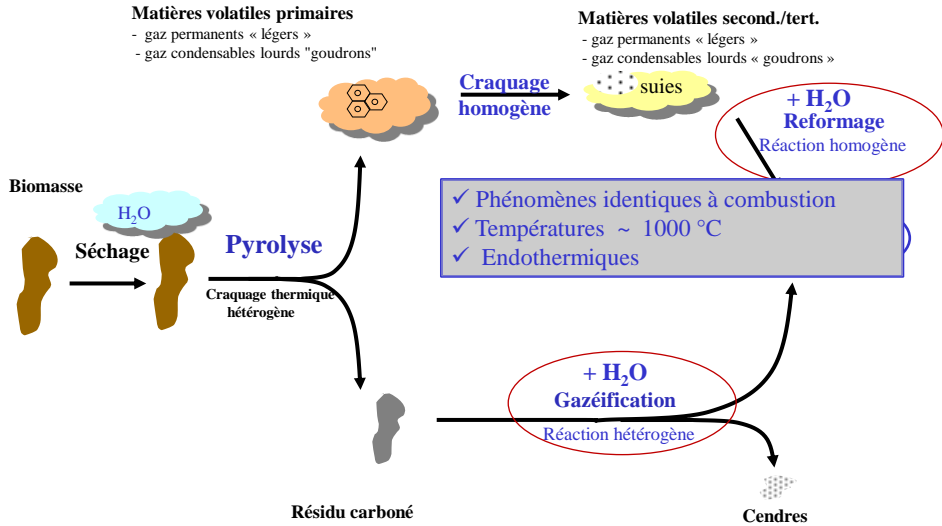
## - Combustion -



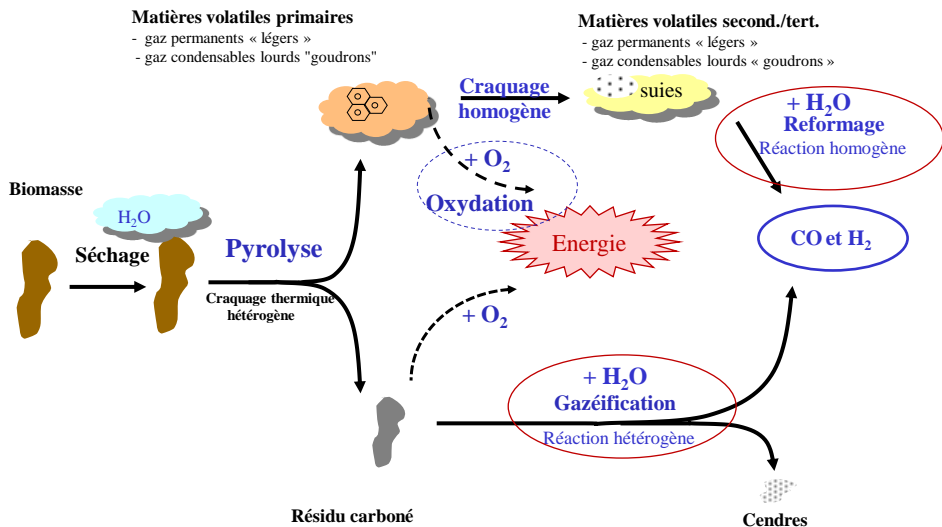
## - Gazéification -



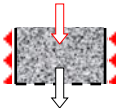
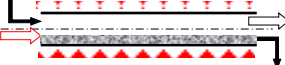
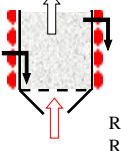
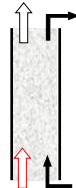
- Gazéification -



- Gazéification -



# Les grands types de réacteurs

		Particules	Séjour
<b>LIT FIXE</b>	 <p>Réacteurs à lit fixe Fours verticaux</p>	5 à 50 mm	1h à 24h
<b>LIT BRASSE</b>	 <p>Fours à grille Fours tournants</p>	5 à 50 mm	0.5 à 5h
<b>LIT FLUIDISE</b>	 <p>Réacteurs à lit fluidisé dense Réacteurs à lit fluidisé circulant</p>	0.5 à 5mm	1 à 10min
<b>A FLUX ENTRAINE</b>	 <p>Réacteurs à lit entraîné</p>	0 à 2mm	1 à 10s

Chauffe directe ou indirecte  
Procédé continu/discontinu

Selon Sylvain Salvador (ENSTIMAC)

# Valorisation thermochimique de la biomasse

## Objectif des recherches :


**Concevoir / Améliorer / Optimiser** les réacteurs de conversion




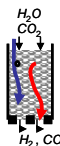
- Energie
- Co-produits
- Polluants

## Approche multi échelle :

Molécule ↔ Particule ↔ Réacteur unitaire ↔ Procédé  
 "groupe de particules" "réels"

  
Réactions chimiques  
"intrinsèque"

  
 $H_2$   $H_2O$   
 $CO$   $CO_2$   
+ Transferts internes

  
 $H_2O$   $CO_2$   
 $H_2$   $CO$   
+ Hydrodynamique  
+ Transferts "externe"  
+ Mécanique  
+ .....



+ La réalité !



**CIRAD**  
**- des laboratoires -**  
**- une plateforme d'essai -**



**Laboratoire d'analyse**



**Laboratoire de thermochimie**



**Pilote gazéification étagé 75 KWth**



**Réacteur de pyrolyse  
"flash" en lit fluidisé**



**Réacteur à lit fixe continu**



**Réacteur de torréfaction**