

# **Valorisation thermochimique de la biomasse ligno-cellulosique**



## 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

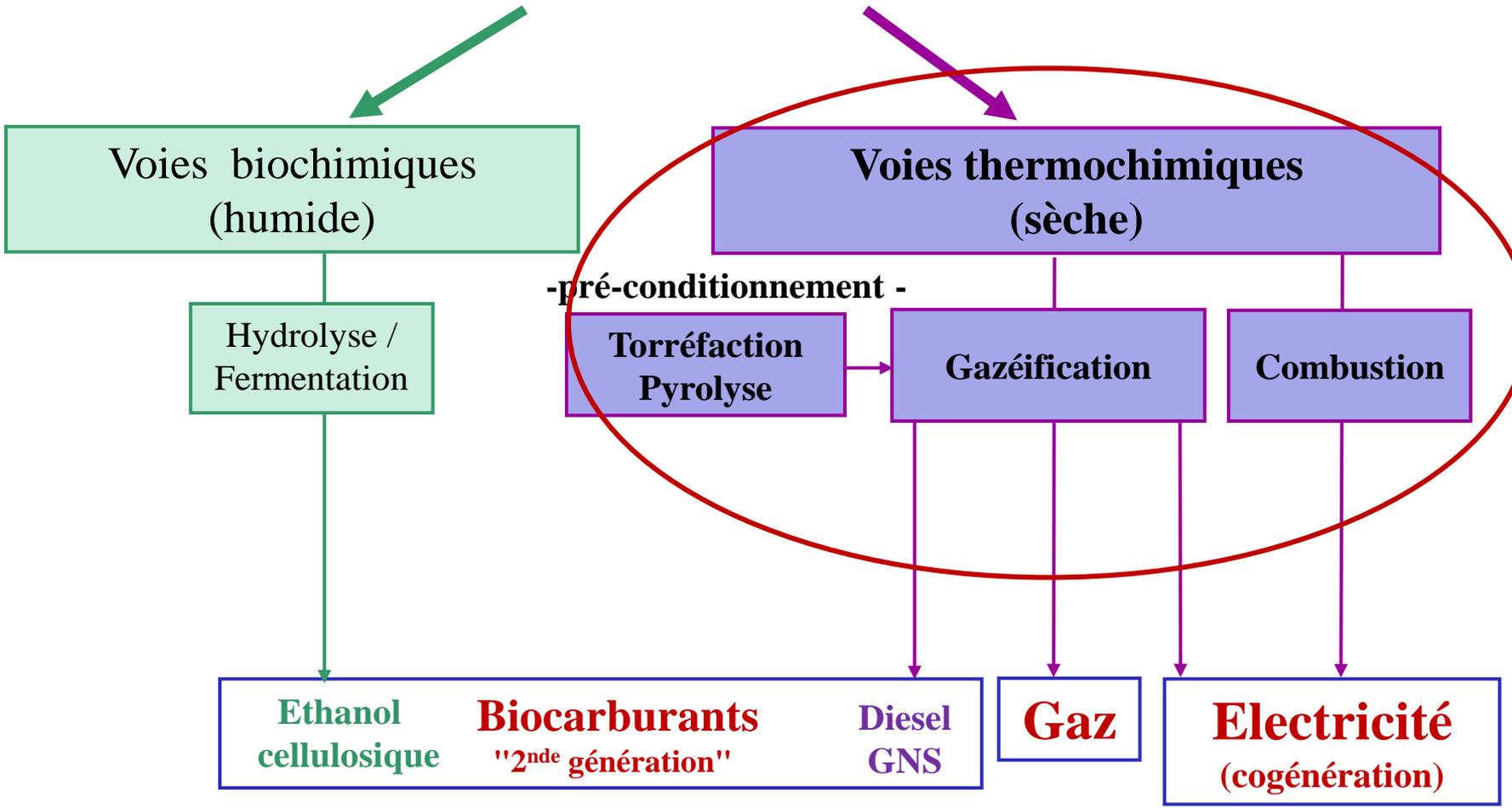
- paille de blé
- balle de riz
- tiges de coton
- bagasse
- ...



## BOIS

- plaquettes forestières
- granulés
- sciures
- ...

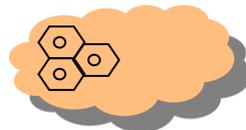
Biocarburants de 2<sup>nde</sup> génération :  
valorisation de la partie ligno-  
cellulosique de la biomasse



## - Pyrolyse et Torréfaction -

### Matières volatiles

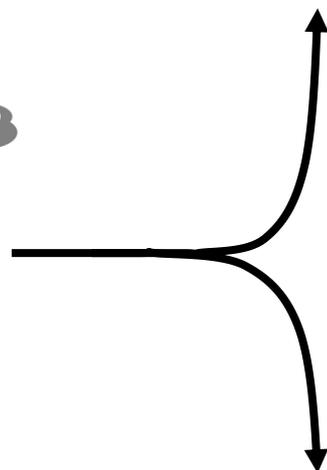
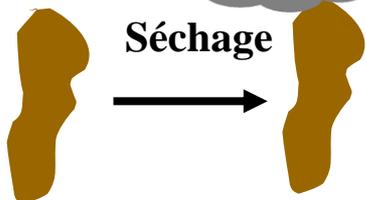
- gaz permanents « légers »
- gaz condensables lourds "bio-huiles" (pyrolyse flash)



Biomasse

H<sub>2</sub>O

Séchage



Résidu carboné/char/charbon

- ✓ Craquage thermique hétérogène
- ✓ Atmosphère "inerte"
- ✓ Températures ~ 200 °C (Torréfaction)  
~ 500 °C (Pyrolyse)
- ✓ Globalement endothermique

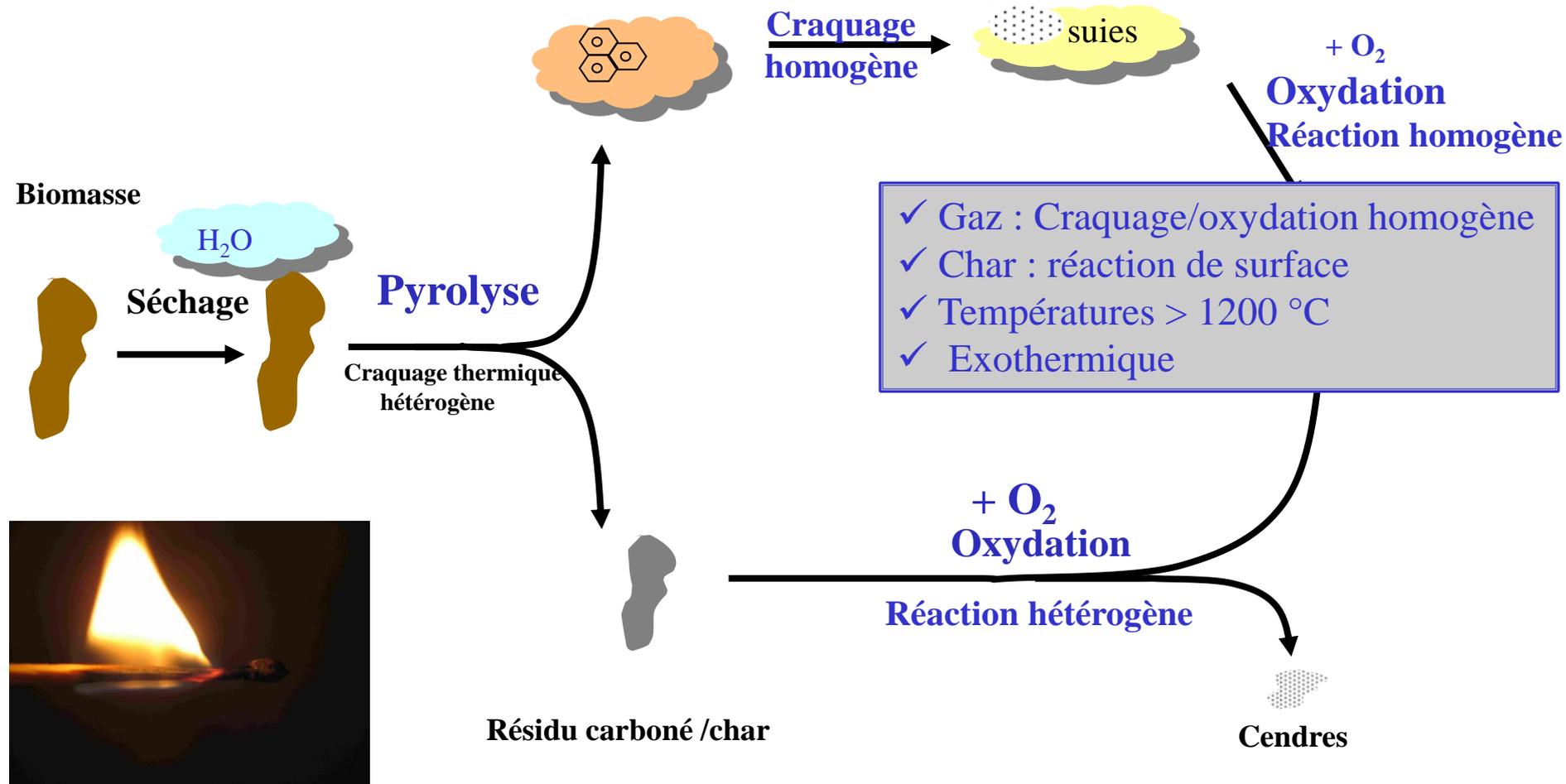
## - Combustion -

### Matières volatiles primaires

- gaz permanents « légers »
- gaz condensables lourds "goudrons"

### Matières volatiles second./tert.

- gaz permanents « légers »
- gaz condensables lourds « goudrons »



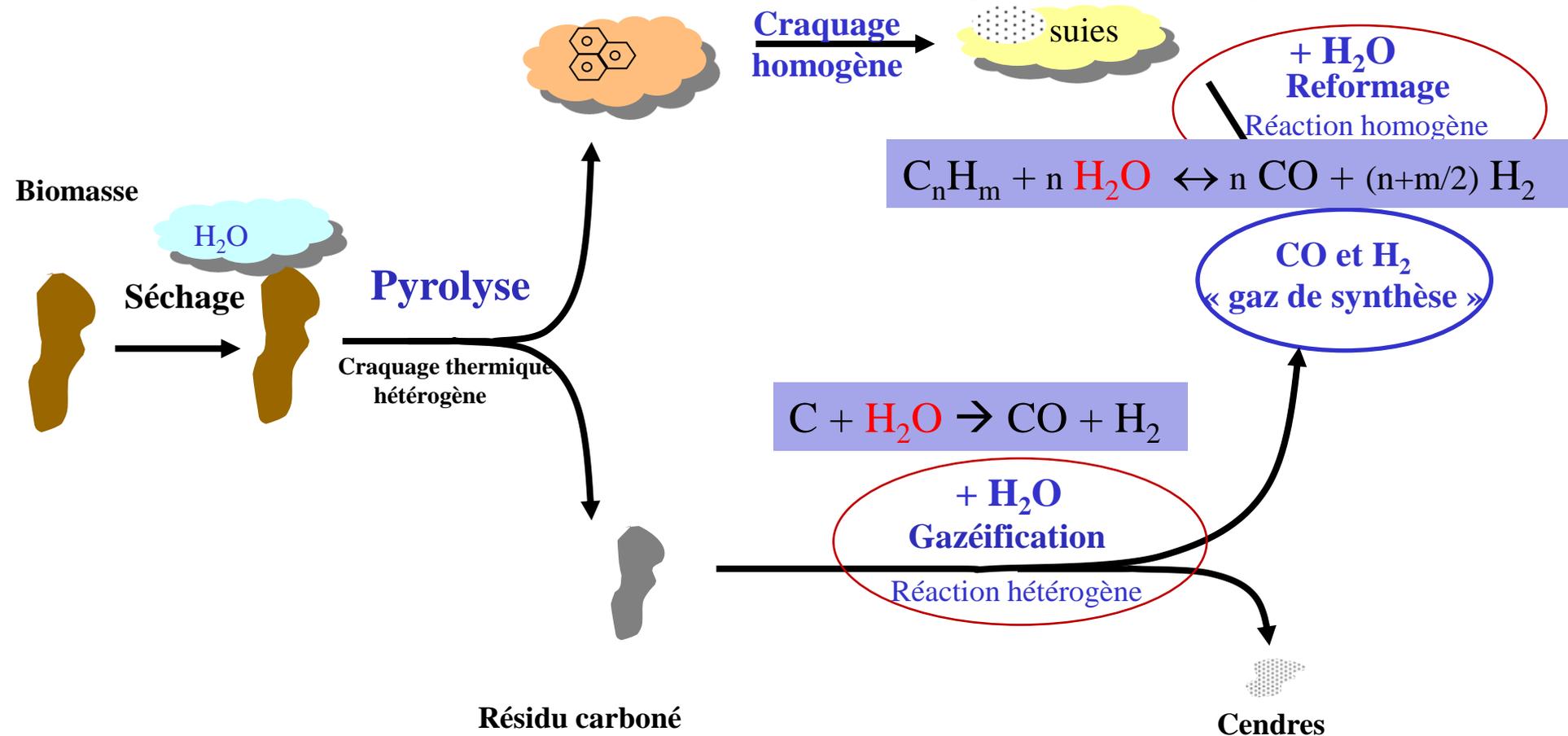
## - Gazéification -

### Matières volatiles primaires

- gaz permanents « légers »
- gaz condensables lourds "goudrons"

### Matières volatiles second./tert.

- gaz permanents « légers »
- gaz condensables lourds « goudrons »



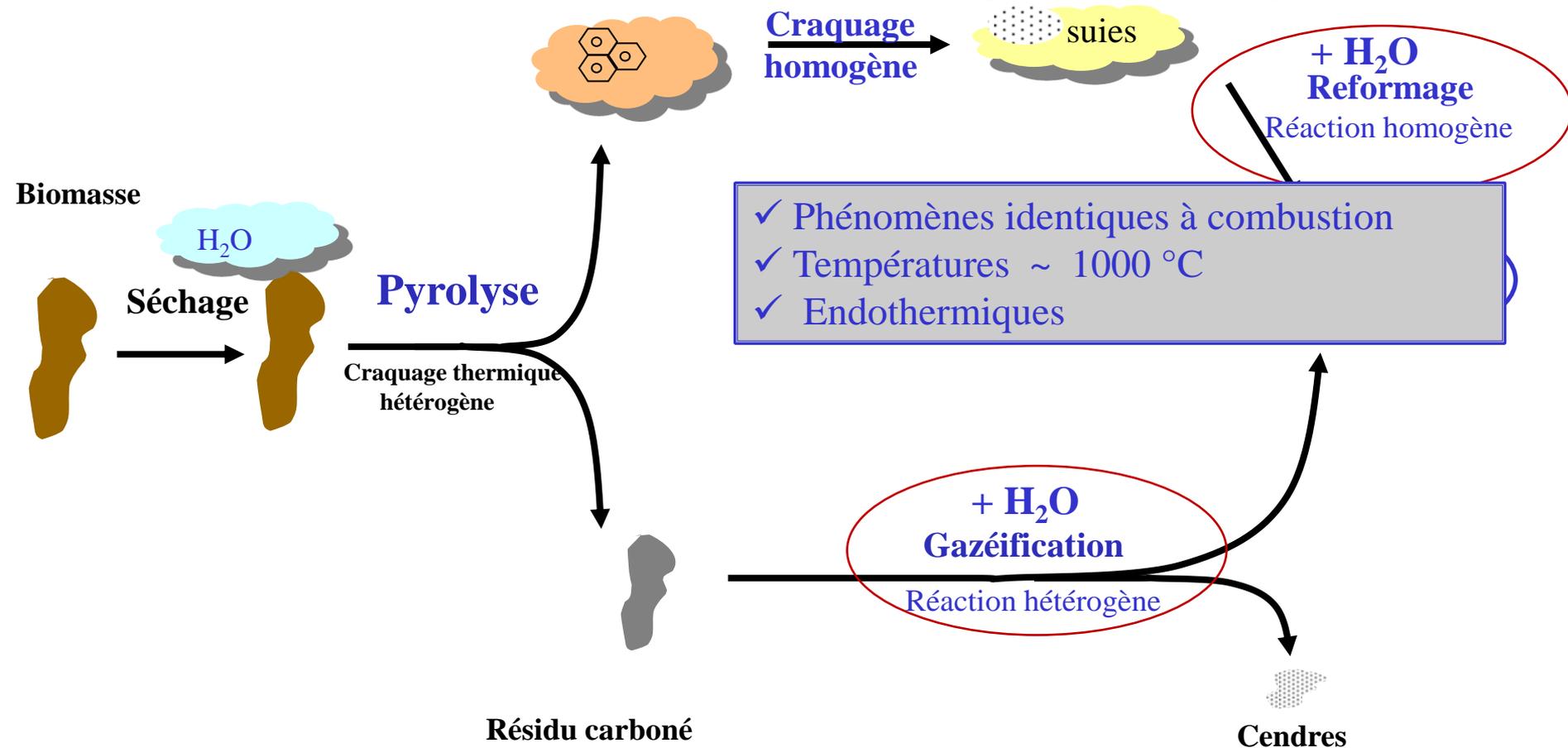
## - Gazéification -

### Matières volatiles primaires

- gaz permanents « légers »
- gaz condensables lourds "goudrons"

### Matières volatiles second./tert.

- gaz permanents « légers »
- gaz condensables lourds « goudrons »



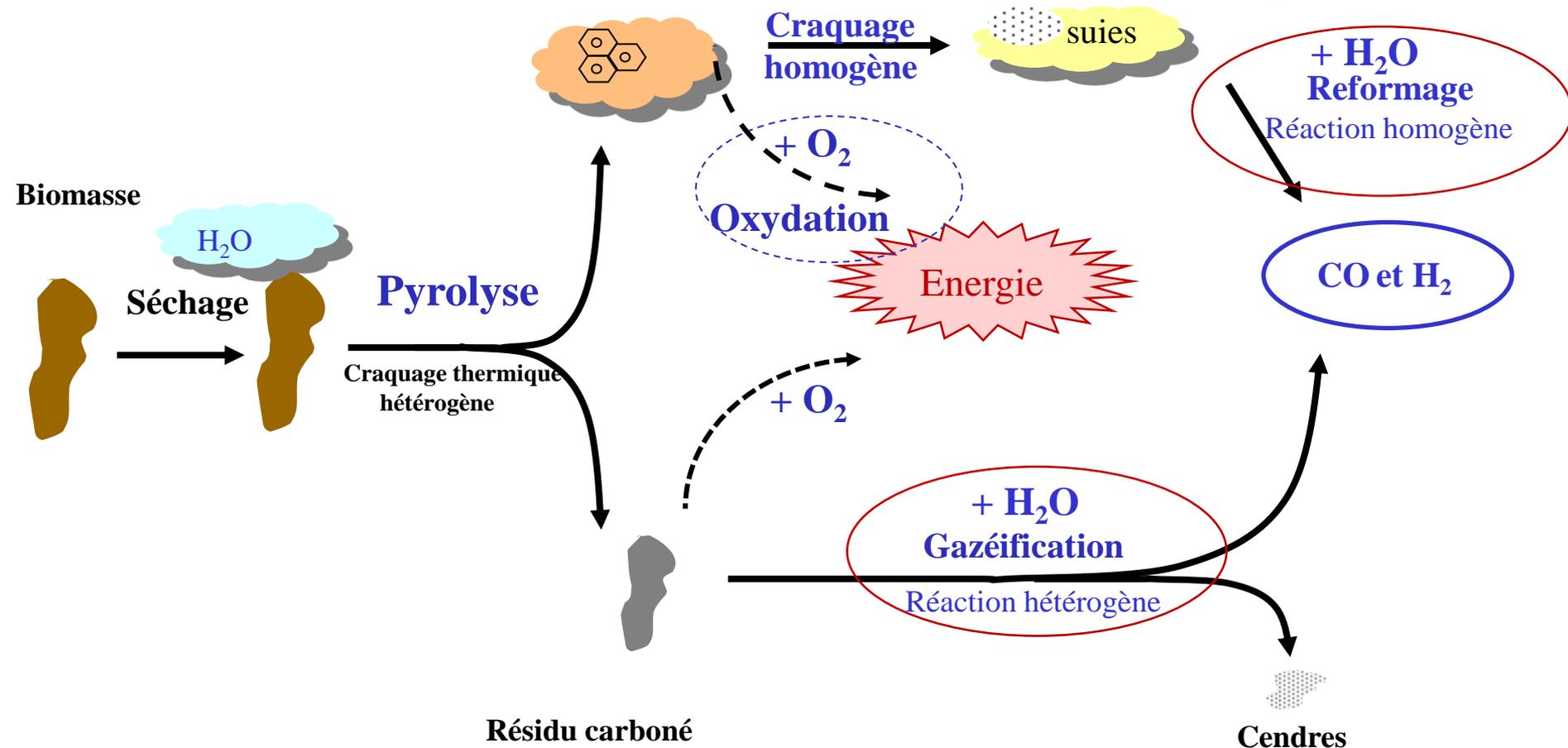
## - Gazéification -

### Matières volatiles primaires

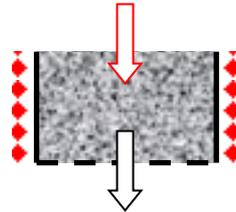
- gaz permanents « légers »
- gaz condensables lourds "goudrons"

### Matières volatiles second./tert.

- gaz permanents « légers »
- gaz condensables lourds « goudrons »



## LIT FIXE

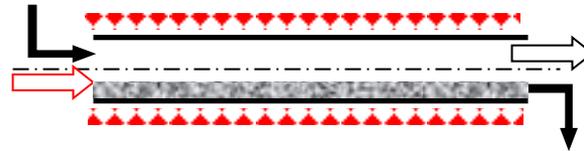


Réacteurs à lit fixe  
Fours verticaux

**Particules**    **Séjour**

5 à 50 mm    1h à 24h

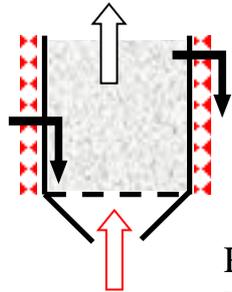
## LIT BRASSE



Fours à grille  
Fours tournants

5 à 50 mm    0.5 à 5h

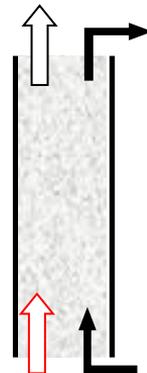
## LIT FLUIDISE



Réacteurs à lit fluidisé dense  
Réacteurs à lit fluidisé circulant

0.5 à 5mm    1 à 10min

## A FLUX ENTRAINE



Réacteurs à lit entraîné

0 à 2mm    1 à 10s

Chauffe directe ou indirecte  
Procédé continu/discontinu

## Objectif des recherches :

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



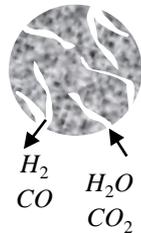
- Energie
- Co-produits
- Polluants

## Approche multi échelle :

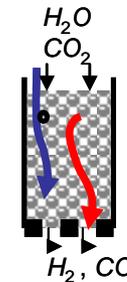
**Molécule** ↔ **Particule** ↔ **Réacteur unitaire** ↔ **Procédé**  
"groupe de particules" "réels"



Réactions chimiques  
"intrinsèque"



+ Transferts internes



+ Hydrodynamique  
+ Transferts "externe"  
+ Mécanique

+ .....



+ La réalité !



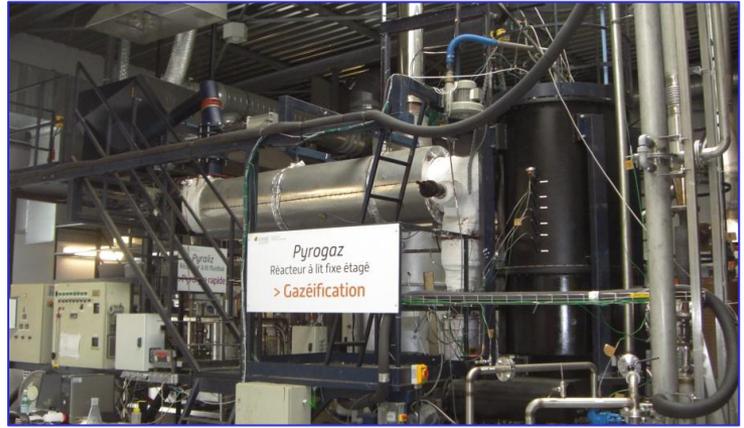
**CIRAD**  
**- des laboratoires -**  
**- une plateforme d'essai -**



**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**