

# Etat de la gazéification de la biomasse : Technologies et verrous

- Les voies de valorisation
- Les technologies
- Les verrous
- La recherche au Cirad

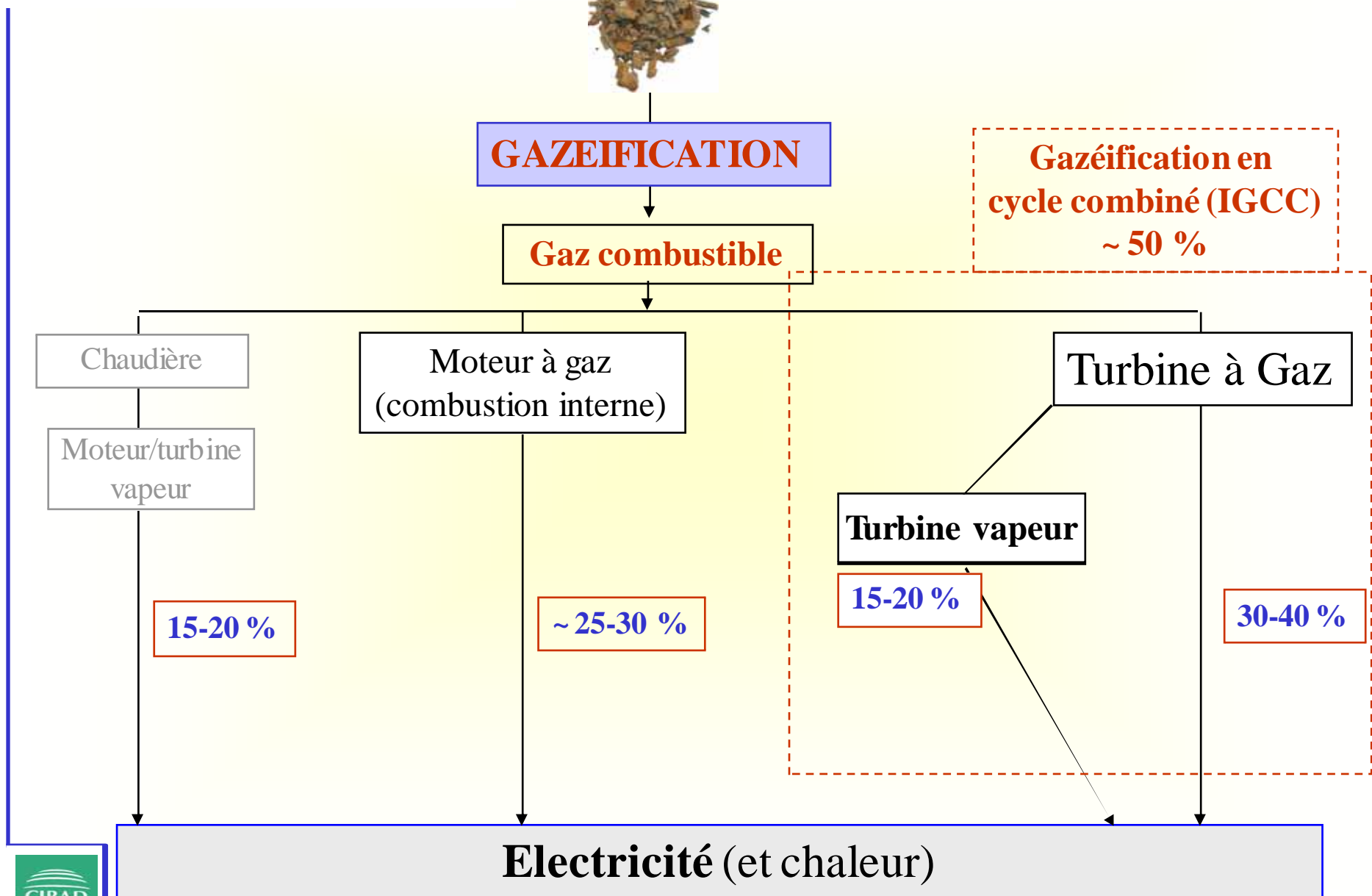
Laurent Van de steene – [steene@cirad.fr](mailto:steene@cirad.fr)





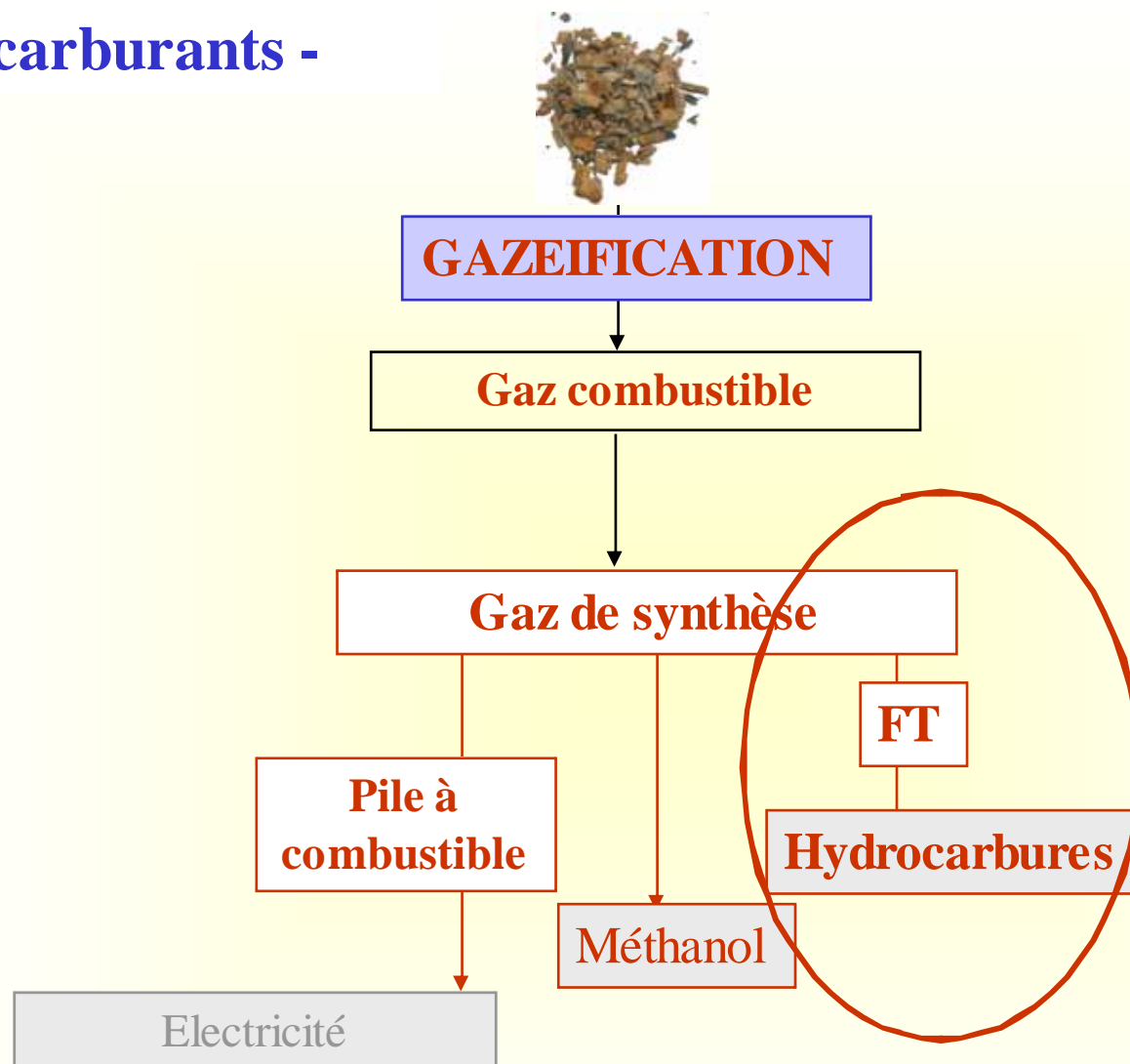
# Les voies de valorisation

## - Electricité -



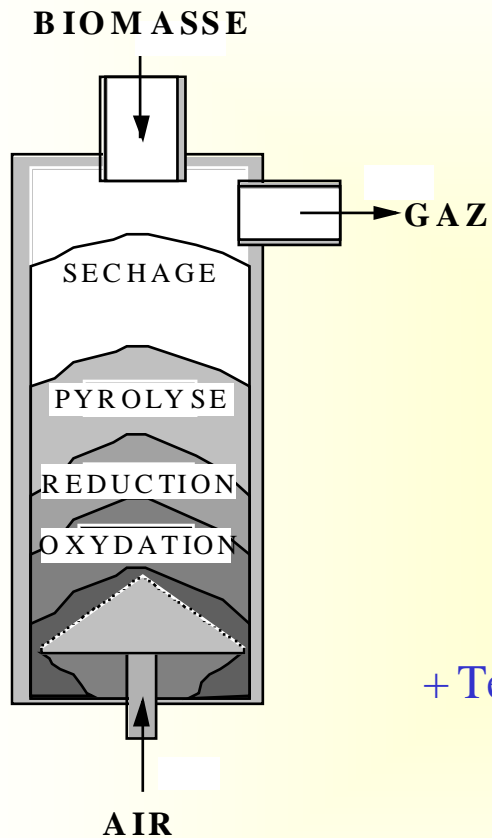
# Les voies de valorisation

## - Biocarburants -



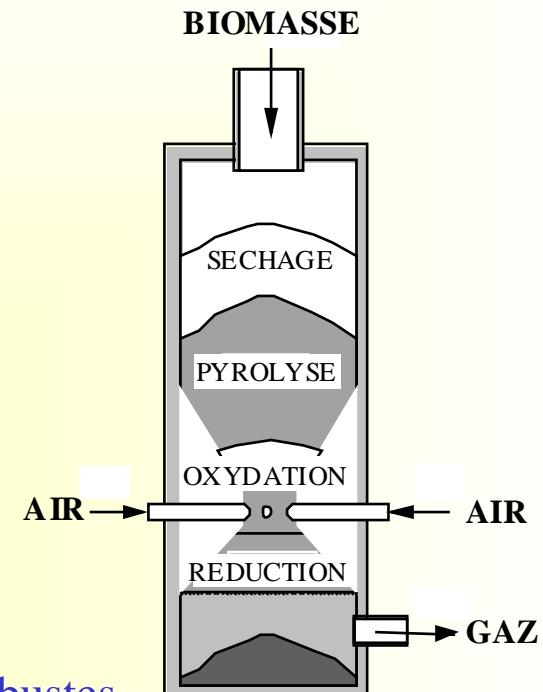
# Procédés à lit fixe

## Lit fixe à contre courant "updraft"



- + Biomasse humide < 50 %
- Teneur importante en goudrons
- Risque de condensation
- "Inadapté à la production d'elect."

## Lit fixe à co-courant "downdraft"

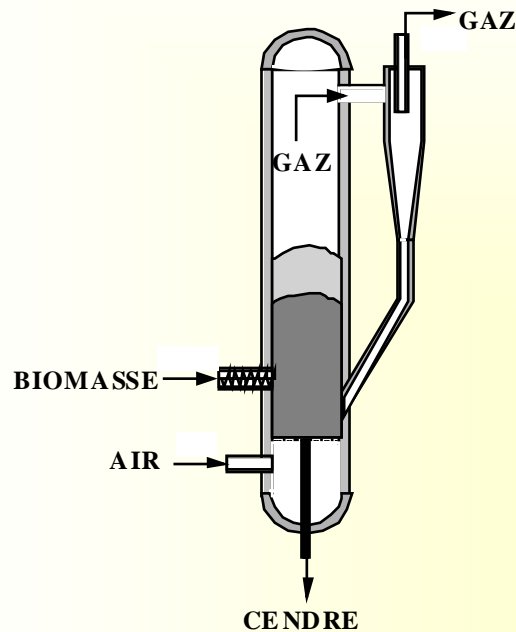


+ Technologies simples et robustes

- + Bonne conversion
- + Gaz "propre"
- Faible puissance (< 500 kWel)
- Faible humidité solide (< 20 %)
- Souplesse combustible

# Procédés à lit fluidisé

## Lits fluidisés



- + Pas de limite de taille
- + Bon contrôle des températures et des vitesses réactions
- + Bon contact gaz/solide
- Particules dans les gaz
- Humidité < 30-40 %
- Taille minimale de rentabilité : ~10 MW

### dense

- + Craquage catalytique possible dans le lit
- Optimum pour des particules calibrés

### circulant

- + gde tolérance / combustible (nature, taille)

### entraîné

- + Gaz propre
- + Vitrification des cendres
- Coût de préparation
- Humidité < 15 %
- Faibles temps de séjour

## Quelques références

### ➔ Procédés à lit fixe

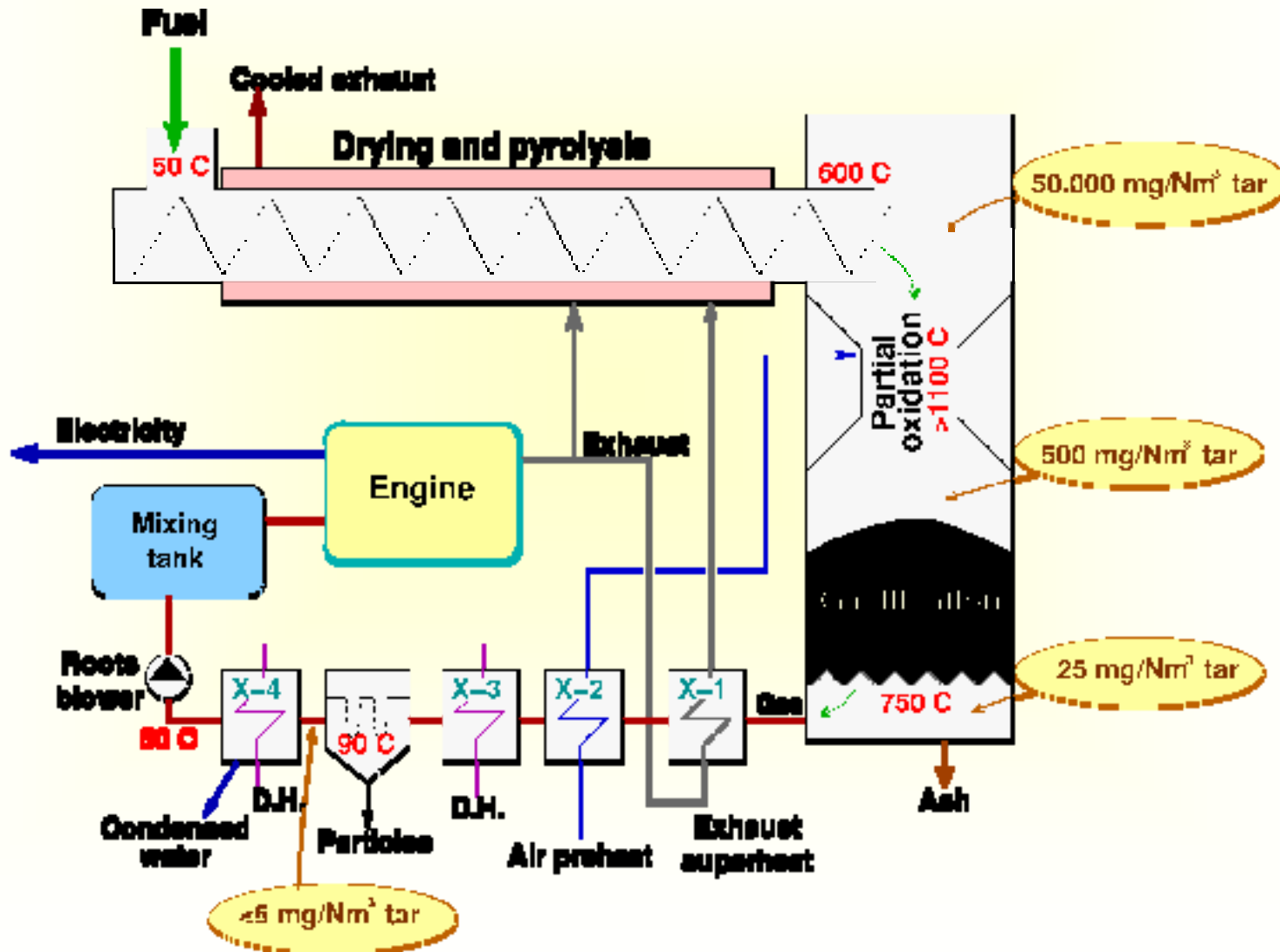
- ➔ Contre courant (updraft) : PRME/Eneria (EU,Fr), Harbore (Dk)
- ➔ Co-courant (downdraft) : Xylowatt (Bel), Martezo (Fr)
- ➔ Lits étagés : Viking (Dk), TKE (Dk)

### ➔ Procédés à lit fluidisé

- ➔ Dense : Eqtec (Esp)
- ➔ Circulant : Repotech/Gussing (Aut), Lathi (Finl), Varnamo (Sue),
- ➔ Entraîné : Choren (Carbo V), FZK (All)

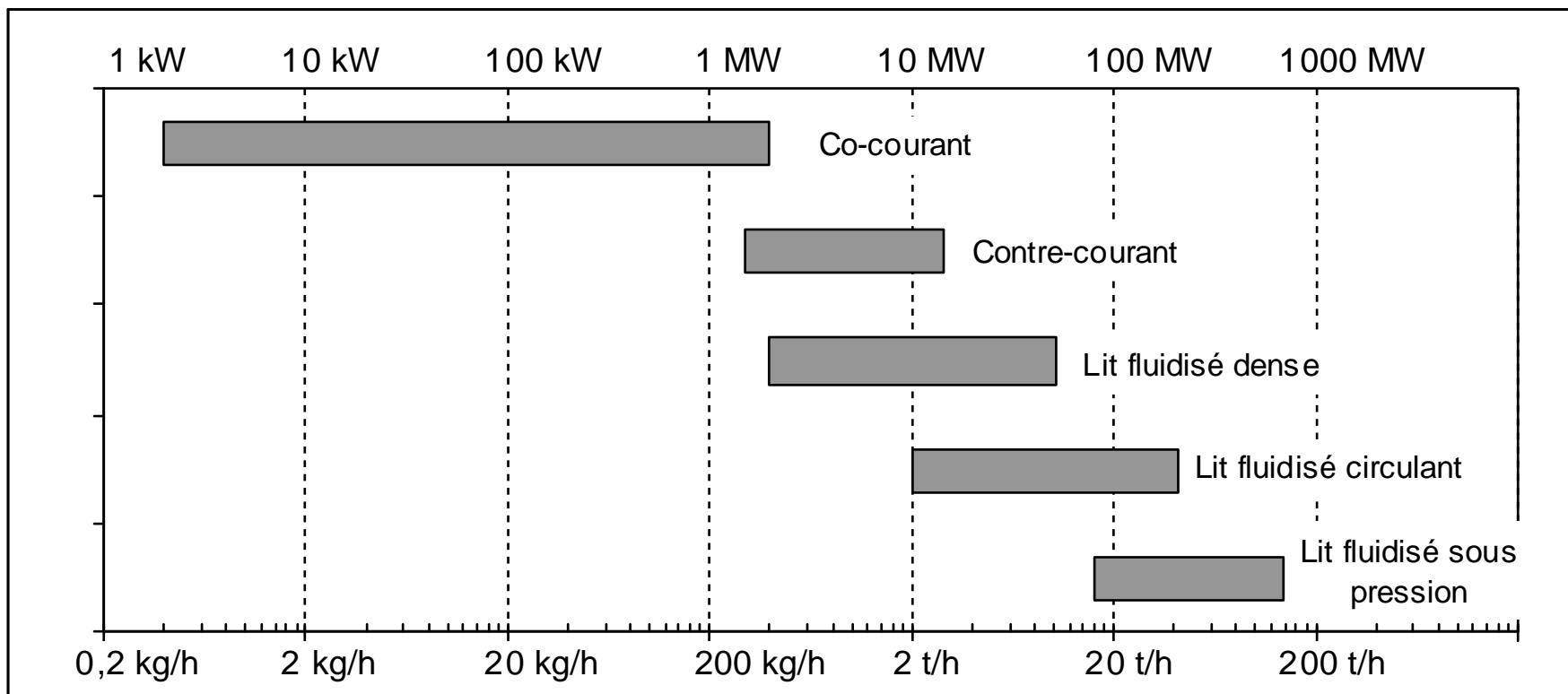
# Procédés à lit étagé

Viking Gasifier, DTU, Dk  
250 KWth





## Choix de la technologie ?



Rensfelt, 1997

## Les verrous : alimentation

Quelles exigences sur le combustible à l'entrée ?

|                              | Co-courant | Contre-courant | Lit fluidisé | Lit entraîné |
|------------------------------|------------|----------------|--------------|--------------|
| Granulométrie (mm)           | 20-100     | 5-100          | 1-10         | < 1          |
| Humidité (% wb)              | < 15-20    | < 50           | < 40         | < 15         |
| Cendres (% db)               | < 5        | < 15           | < 20         | < 20         |
| Point fusion cendres (°C)    | > 1250     | > 1000         | > 1000       | > 1250       |
| Densité (kg/m <sup>3</sup> ) | > 500      | > 400          | > 100        | > 400        |

 Préparation du combustible (torréfaction, pyrolyse,...)

## Les verrous : épuration des gaz

### - Contraintes liées aux diverses applications -

| Applications                          | Goudrons<br>Mg/Nm <sup>3</sup> | Particules<br>Mg/Nm <sup>3</sup> | Alkalins<br>Mg/Nm <sup>3</sup> | Ammoniaque<br>(Mg/Nm <sup>3</sup> ) | Chlorures<br>Mg/Nm <sup>3</sup> | Sulphures<br>Mg/Nm <sup>3</sup> |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Moteur gaz                            | < 50                           | <50                              | <1                             | <50                                 | <10                             | <100                            |
| Turbine gaz                           | < 5                            | < 30                             | ~ ppmv                         |                                     |                                 |                                 |
| Synthèse Fisher<br>Tropsch / Méthanol | < 1                            | < 0.02                           | ~ ppmv                         |                                     |                                 |                                 |
| PAC                                   | < 1                            | ~ ppmv                           |                                |                                     |                                 |                                 |

# Les verrous : épuration des gaz

## Comment ?

**Particules** - Filtration classique (cyclone, filtre à manche)

- Filtration à chaud (filtres céramiques)

- Filtre électrostatique, Lavage.

**Goudrons** - Lavage humide (ex : OLGA, ECN, Pays Bas)

- "Collecteur" Electrostatique (ex : Harboore, DK ; ECN, PB)

- Craquage catalytique (~ 800 °C)

non métalliques : Dolomie ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) , Zéolite, Calcite. (ex : VTT, Finlande)

métalliques : à base de Ni, Fe,... (ex : RFTC : Reverse-flow tar converter, BTG, Pays Bas)

- Craquage thermique (>1200 °C)

**Alcalins (Na, K, P, ...), Composés azotés**



### Importance du pré-conditionnement et traitement :

- conversion thermique et électrique
- déchargement
- broyage
- séchage
- stockage
- extraction
- transfert et alimentation
- traitement des gaz
- transfert et stockage des cendres
- Contrôle/commande

### Spécificité de chaque biomasse :

- la nature du combustible
- mode de livraison du combustible
- autonomie minimale des stockages
- degré d'automatisme requis
- environnement



### Exemple de coût d'investissement

| Type de gazéification            | Atmosphérique | Sous-pression |
|----------------------------------|---------------|---------------|
| Réception, stockage, manutention | 15.4          | 11.1          |
| Broyage et calibrage             | 7.7           | 5.6           |
| Séchage                          | 19.2          | 13.9          |
| Gazéification                    | 38.5          | 55.5          |
| Traitement des gaz et eaux usées | 19.2          | 19.9          |
| Total                            | 100           | 100           |

## Conclusions

### Electricité (moteur/turbine)

- Contexte très favorable -

Plus de 300 projets et 700 Gazéifieurs à travers le monde  
128 unités en fonctionnement (42 GWth)

- Mais -

Démonstration industrielle pour la gazéification de la biomasse  
et production d'électricité à confirmer

- ➔ Investisseurs intéressés (mais risques financiers et techniques encore trop élevés)
- ➔ Garanties de performances nécessaires (7000 h/an )
- ➔ Spécialisations des fabricants ("série")

# Biocarburants - BTL -

## - Gazéification : enjeux considérables –

- ➔ Rendements :
  - Gazéification : 1,5 à 3,5 tep/ha
  - Ethanol : 0,65 à 0,85 tep/ha
  - EMHV : 0,7 à 0,95 tep/ha
  
- ➔ Potentiel important : toute la plante (lignocellulose)
  - 10 – 30 % de substitution en France
  - Biocarburants "2<sup>ème</sup> génération"
  
- ➔ Synthèse Fisher-Tropsch
  - Diesel de haute qualité moins polluant (pas de soufre, aromatiques, suies)
  - Procédé existant industriellement (CH<sub>4</sub>, charbon minéral)

**Mais à démontrer industriellement !**

# CIRAD

## - Les projets en cours de UR 42 -

- ➔ **Ressource**
  - *Evaluation potentiel*
  - *Conditionnement combustible*
    - *pyrolyse flash*
    - *imprégnation/ catalyse*
    - *torréfaction*
  
- ➔ **Procédés**
  - *Gazéification étagée - 60 et 2300 KWth*
  - *Thermochimie de la gazéification en lit fixe – 1 kg/h*
  - *Epuration des gaz*
    - *Craquage des goudrons*
    - *Reformage hydrocarbures*
  - *Mécanismes fondamentaux*
  
- ➔ **Analyse physico-chimique** : solide, liquide, gaz
  
- ➔ **Analyse technico-économique**





# CIRAD

- des laboratoires et une plateforme d'essai -



Laboratoire d'analyse



Pilote 75 KWth



Laboratoire de thermochimie



Réacteur à Lit fixe continu

Réacteurs de pyrolyse

