

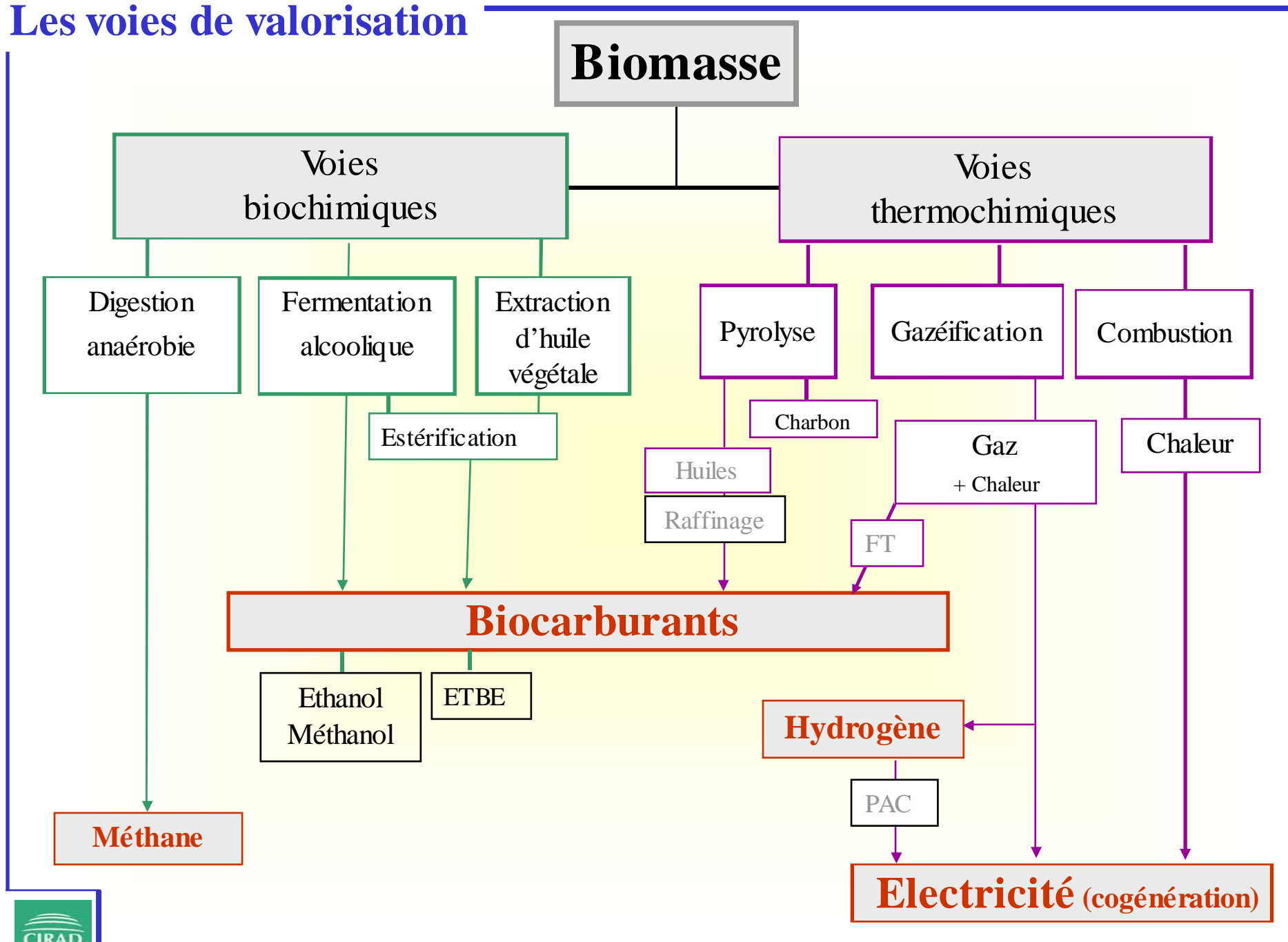
Etat de la gazéification de la biomasse : Technologies et verrous

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

Laurent Van de steene – steene@cirad.fr

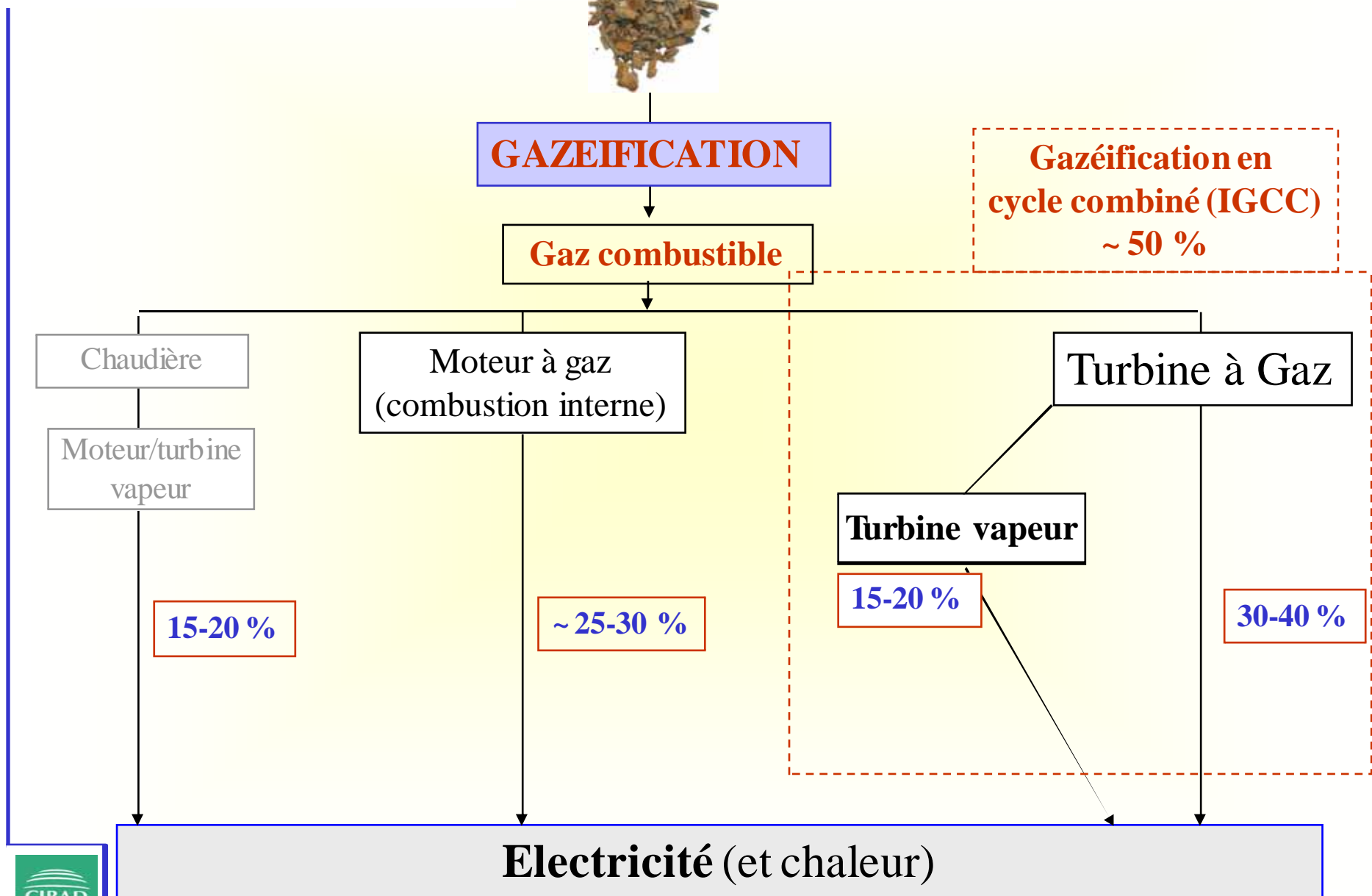


Les voies de valorisation



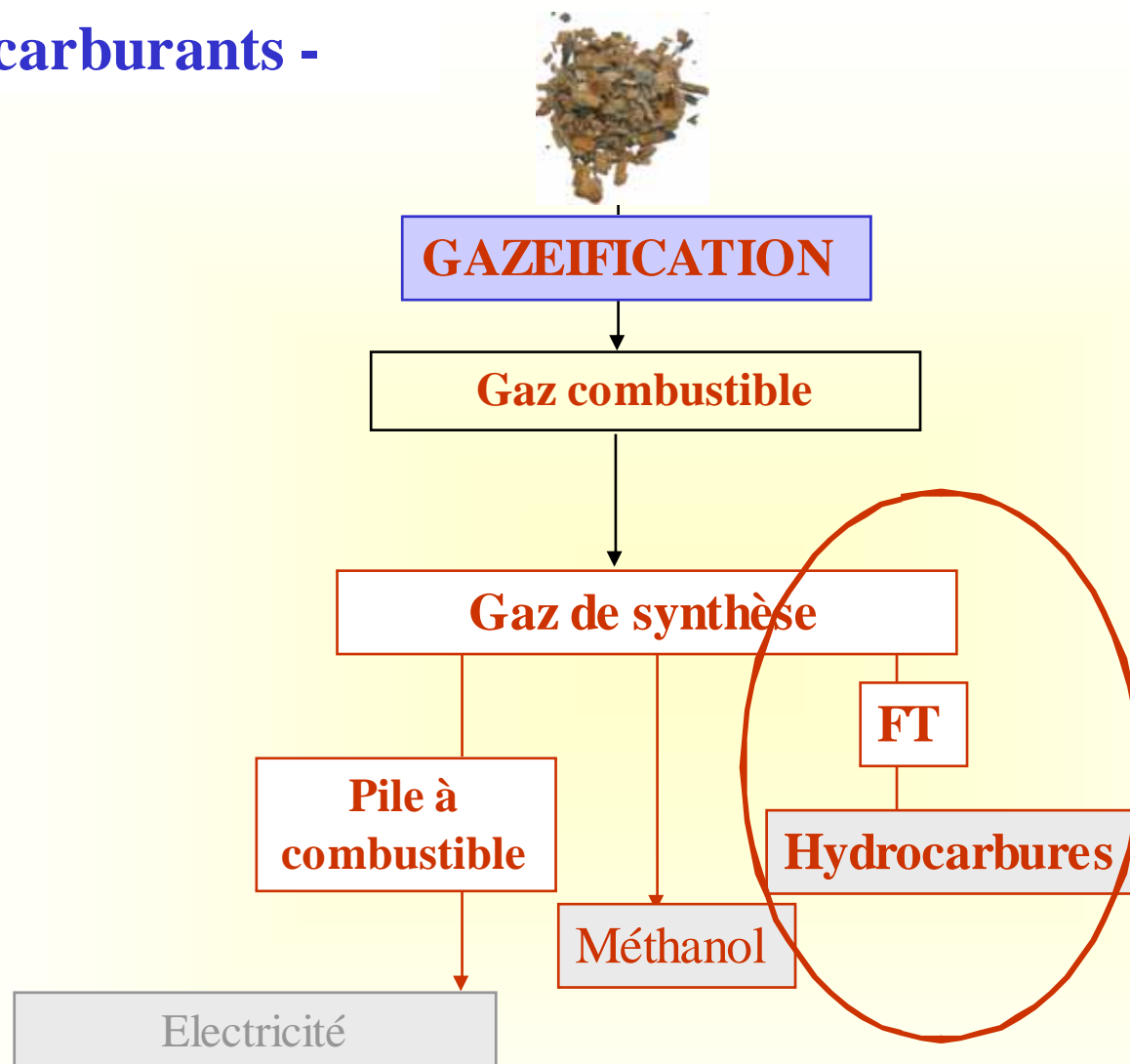
Les voies de valorisation

- Electricité -



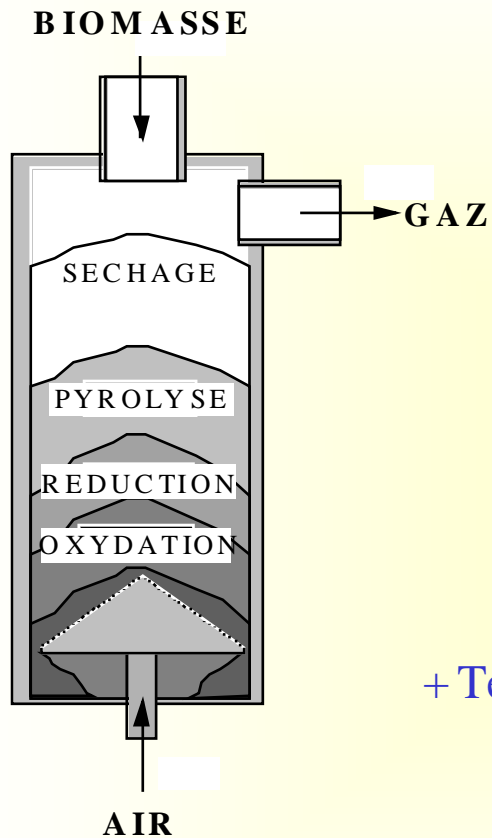
Les voies de valorisation

- Biocarburants -



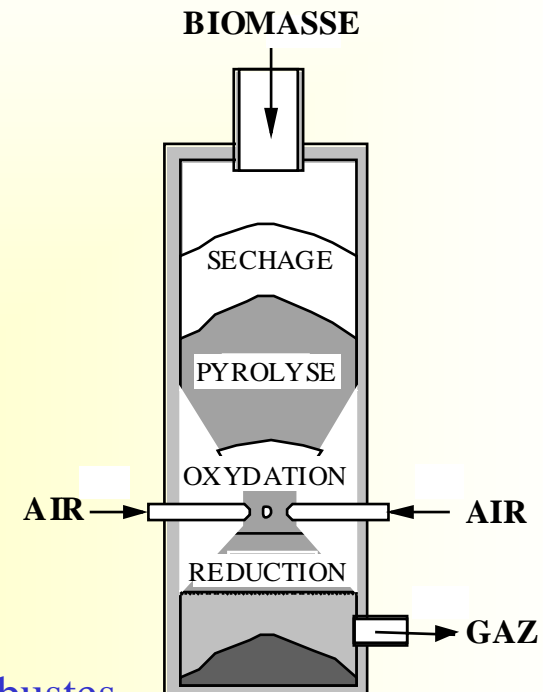
Procédés à lit fixe

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"

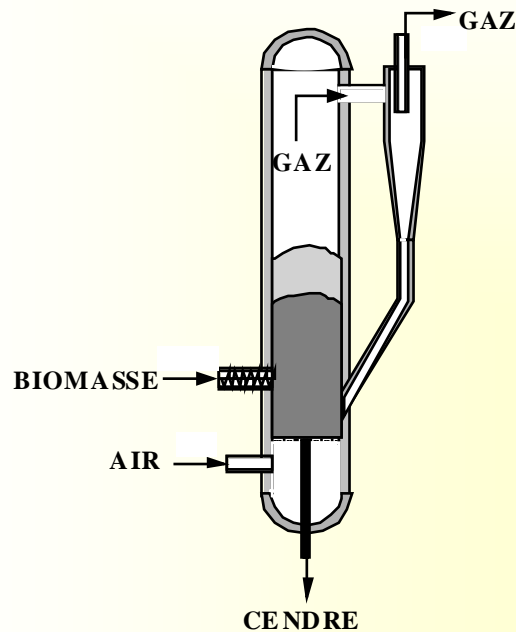


+ Technologies simples et robustes

- + 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

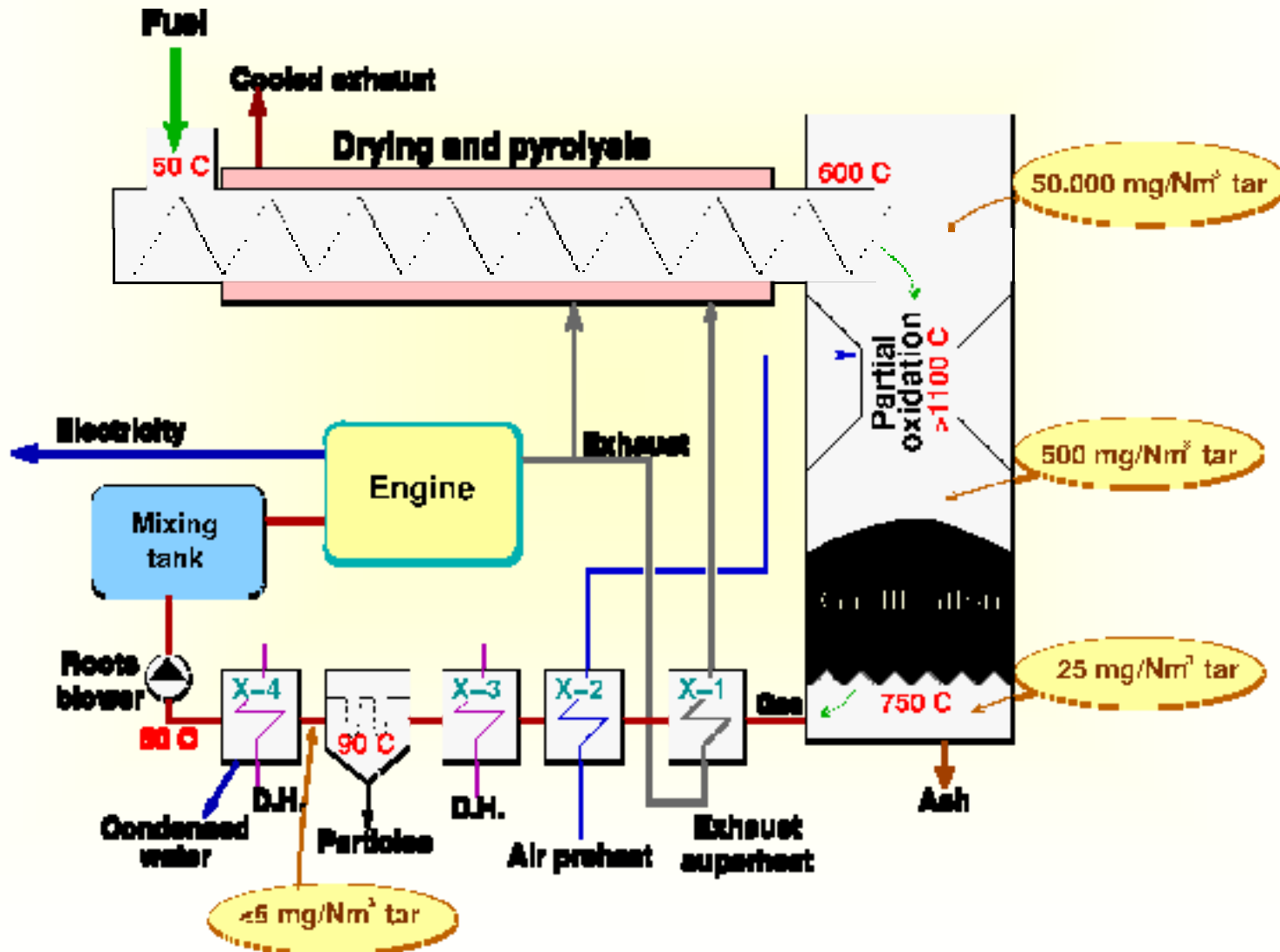
- ➔ Contre courant (updraft) : PRME/Eneria (EU,Fr), Harbore (Dk)
- ➔ Co-courant (downdraft) : Xylowatt (Bel), Martezo (Fr)
- ➔ Lits étagés : Viking (Dk), TKE (Dk)

➔ Procédés à lit fluidisé

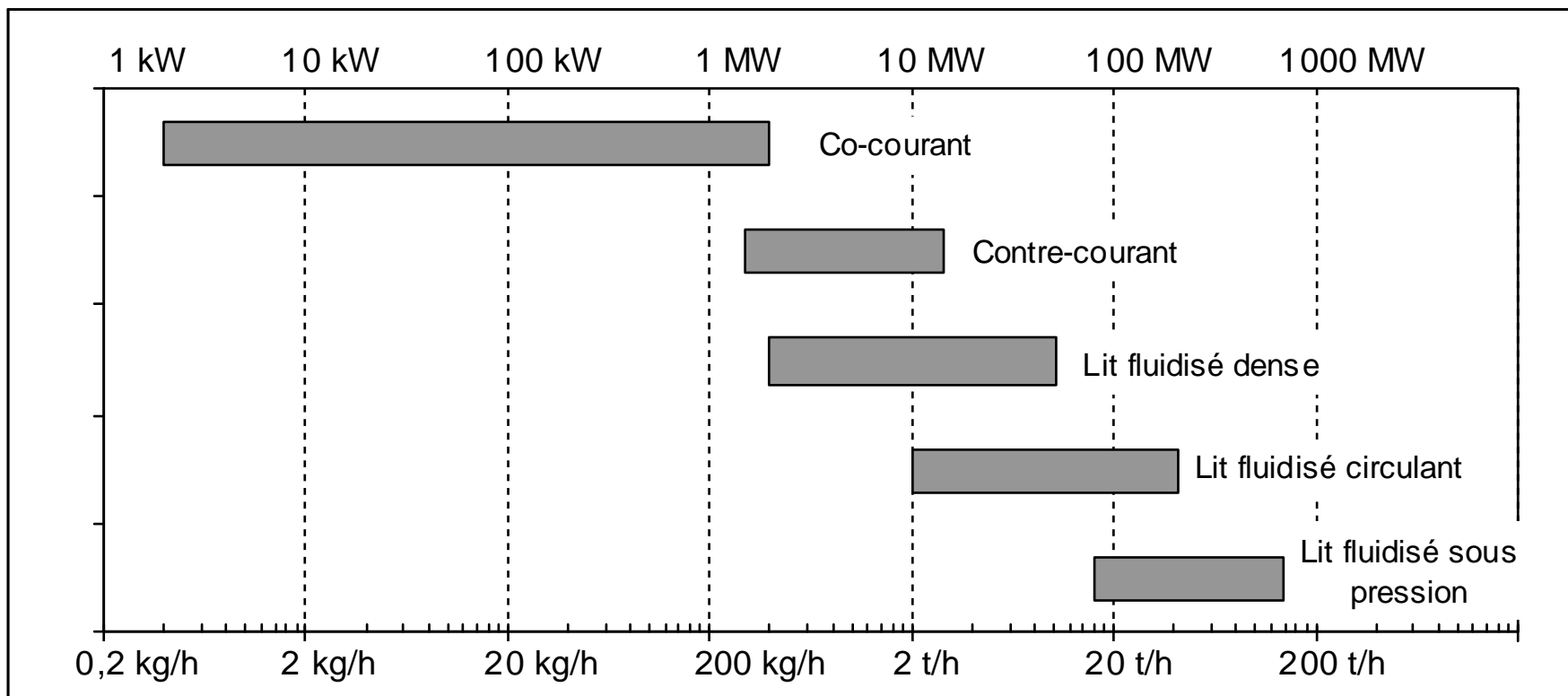
- ➔ Dense : Eqtec (Esp)
- ➔ Circulant : Repotech/Gussing (Aut), Lathi (Finl), Varnamo (Sue),
- ➔ Entraîné : Choren (Carbo V), FZK (All)

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 ³)	> 500	> 400	> 100	> 400

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

Les verrous : épuration des gaz

- Contraintes liées aux diverses applications -

Applications	Goudrons Mg/Nm ³	Particules Mg/Nm ³	Alkalins Mg/Nm ³	Ammoniaque (Mg/Nm ³)	Chlorures Mg/Nm ³	Sulphures Mg/Nm ³
Moteur gaz	< 50	<50	<1	<50	<10	<100
Turbine gaz	< 5	< 30	~ ppmv			
Synthèse Fisher 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^{ème} génération"

- ➔ Synthèse Fisher-Tropsch
 - Diesel de haute qualité moins polluant (pas de soufre, aromatiques, suies)
 - Procédé existant industriellement (CH₄, 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

