

An aerial photograph of a city, likely Grenoble, France, showing a river winding through the urban landscape and mountains in the background.

PANORAMA MONDIAL DES TECHNOLOGIES

Assises Nationales de la Pyrogazéification | 27 septembre 2018 | Rennes, France
Chapuis Isabelle, Laboratoire de Thermo-Conversion des Bioressources

ACTIVITÉS BIORESSOURCES DU CEA LITEN



15 ans d'expérience
25 permanents, 10 non permanents
Portefeuille de 50 brevets + ~8 brevets/an
~10 publications par an

Caractérisation des ressources

- Etudes morphologiques
- Coulabilité, injection de poudres



Préparation

- Broyage
- Torréfaction
- Pyrolyse lente
- Mélanges



Pyrolyse et gazéification

- Développement pilotes et procédés
- Analyses de gaz et mise aux spéc.



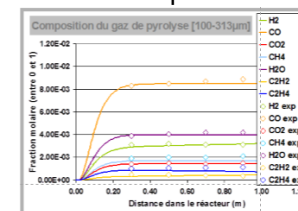
Procédés hydrothermaux

- Liquéfaction hydrothermale
- Gazéification en eau supercritique



Modélisation et évaluation procédés

- Modélisation de la particule au réacteur
- Analyses technico-économiques



PLATEFORME BIORESSOURCES DU CEA LITEN

Poudres

MEB, morphologie
Coulabilité, injection P_{atm} -30bar



Séchage et broyage

Préparation de poudres <500 μm
Pilotes en continu jusqu'à 50 kg/h



Torréfaction

ATG, batch 1g-2kg, pilote en continu jusqu'à 200 kg/h



Pyrolyse et gazéification

Pilotes en continu : pyrolyseur 10 kg/h, lit fluidisé 5 kg/h, réacteur à flux entraîné 50 kg/h et 35bar



Liquéfaction hydrothermale

Batch 500 mL, pilote en continu 200-350°C, 100-200b, 0,5-2,5 L/h



Gazéification en eau supercritique

Batch 500 mL, pilote en continu 400-700°C, 300bar, 1-10L/h



LA GAZÉIFICATION, UN MARCHÉ FLORISSANT



+500 unités
et projets

+300
fournisseurs

PRINCIPALES FAMILLES DE TECHNOLOGIES

Lit fixe

Lit fluidisé

Lit « mouvant »

Flux
entraîné

Co-courant

Co-courant à media
caloporteur

Contre-courant

Contre-courant sur lit
de cendres fondues

Dense

Circulant

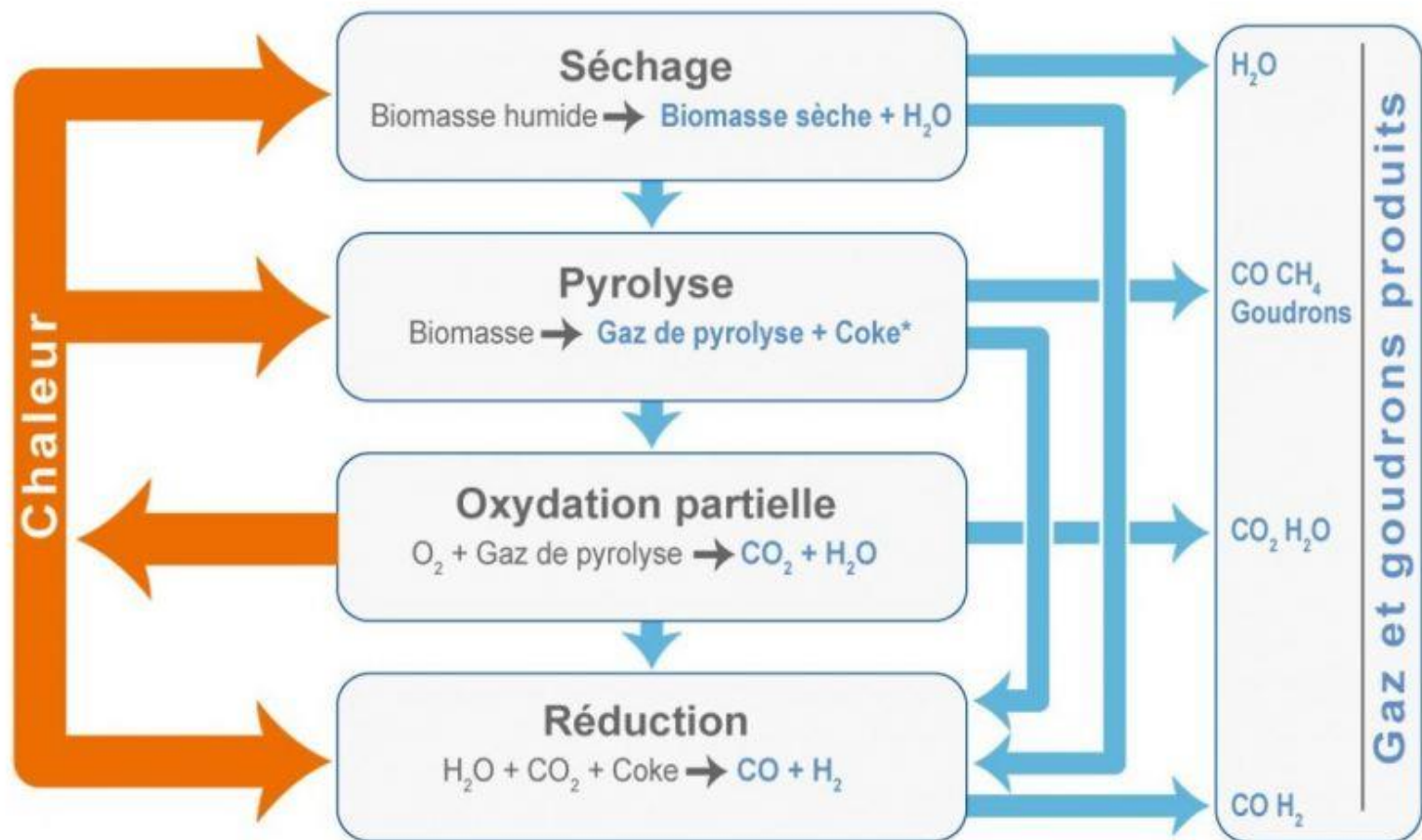
Double ou en parallèle

Four tournant

Réacteur à vis

Réacteur à grille mobile

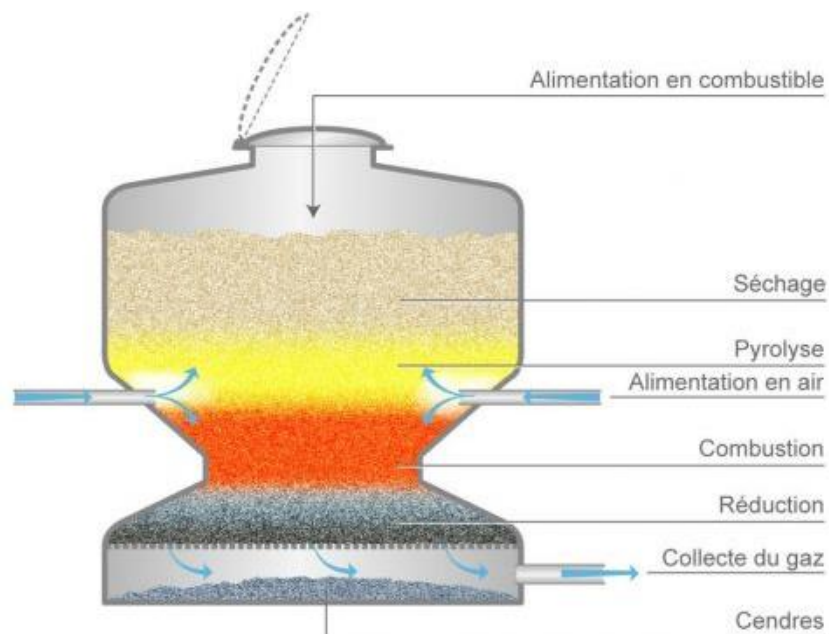
PROCESSUS DE GAZÉIFICATION



*Coke = résidus de carbone

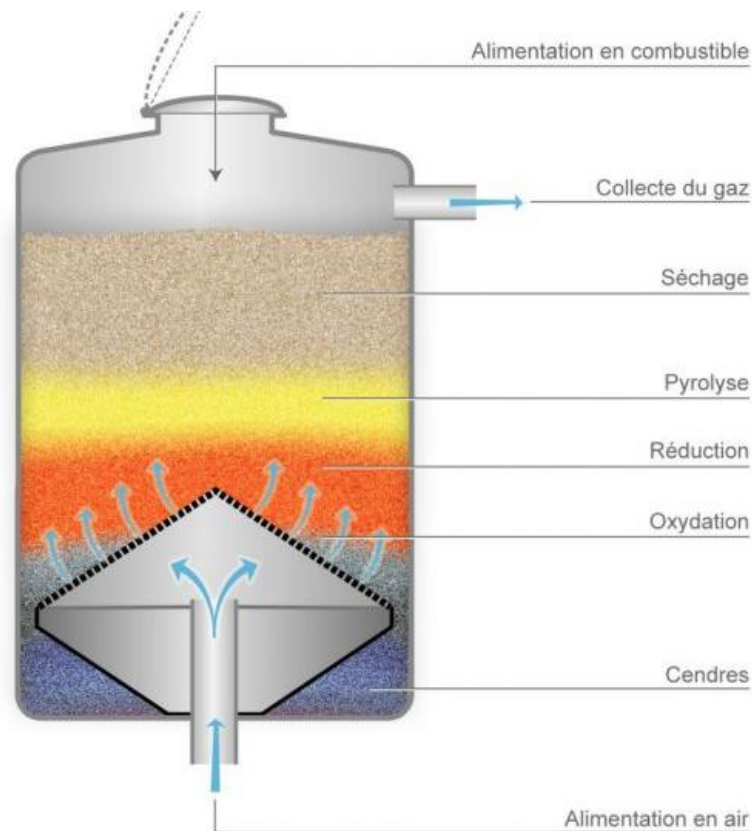
LITS FIXES

Lit fixe à co-courant



Cogebio, Naoden

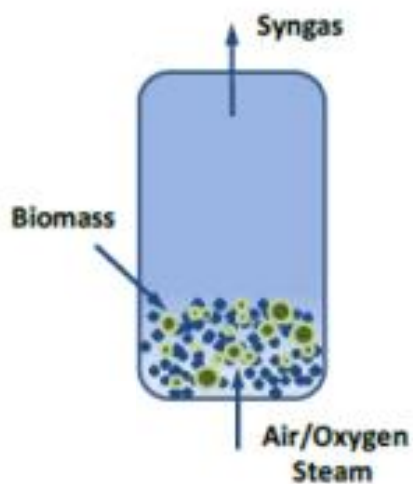
Lit fixe à contre-courant



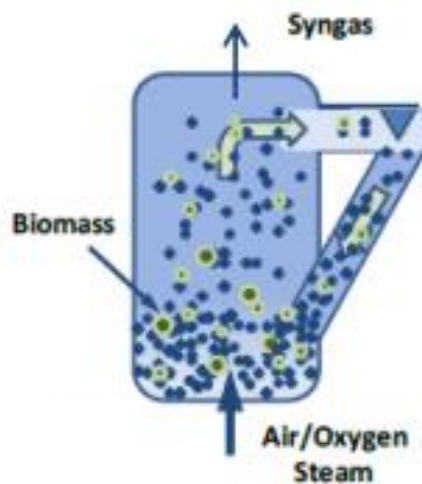
*CHO Power (PRM-E), Spanner,
Mini Green Power*

LITS FLUIDISÉS

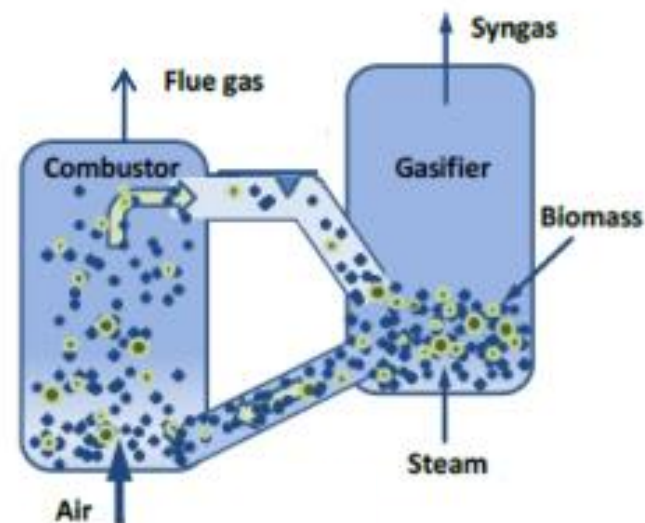
**Lit fluidisé
bouillonnant (LFB)**



**Lit fluidisé
circulant (LFC)**



**Lit fluidisé
double (FICFB)**

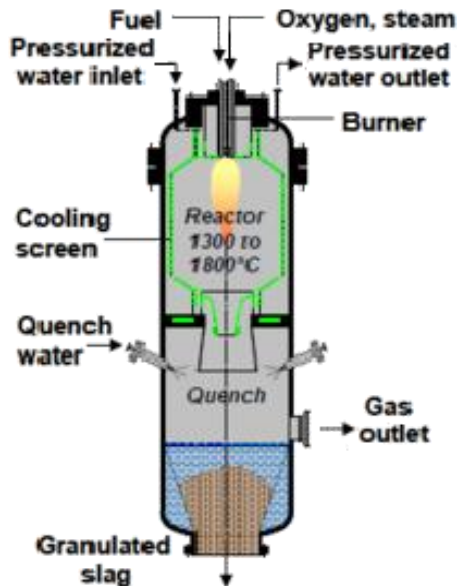


**Leroux & Lotz
Technologies**

Un matériau de lit (sable, olivine, dolomie ou alumine) pour améliorer la fluidisation et l'homogénéité de la température des réactifs au sein du lit

AUTRES FAMILLES DE TECHNOLOGIES

- Réacteur à flux entraîné



- Lit fixe à co-courant à media caloporteur circulant (tores, billes, anneaux de raschig)

Valoneo (tores), Finaxo (billes)

- Lit fixe à contre-courant sur bain de cendres fondues

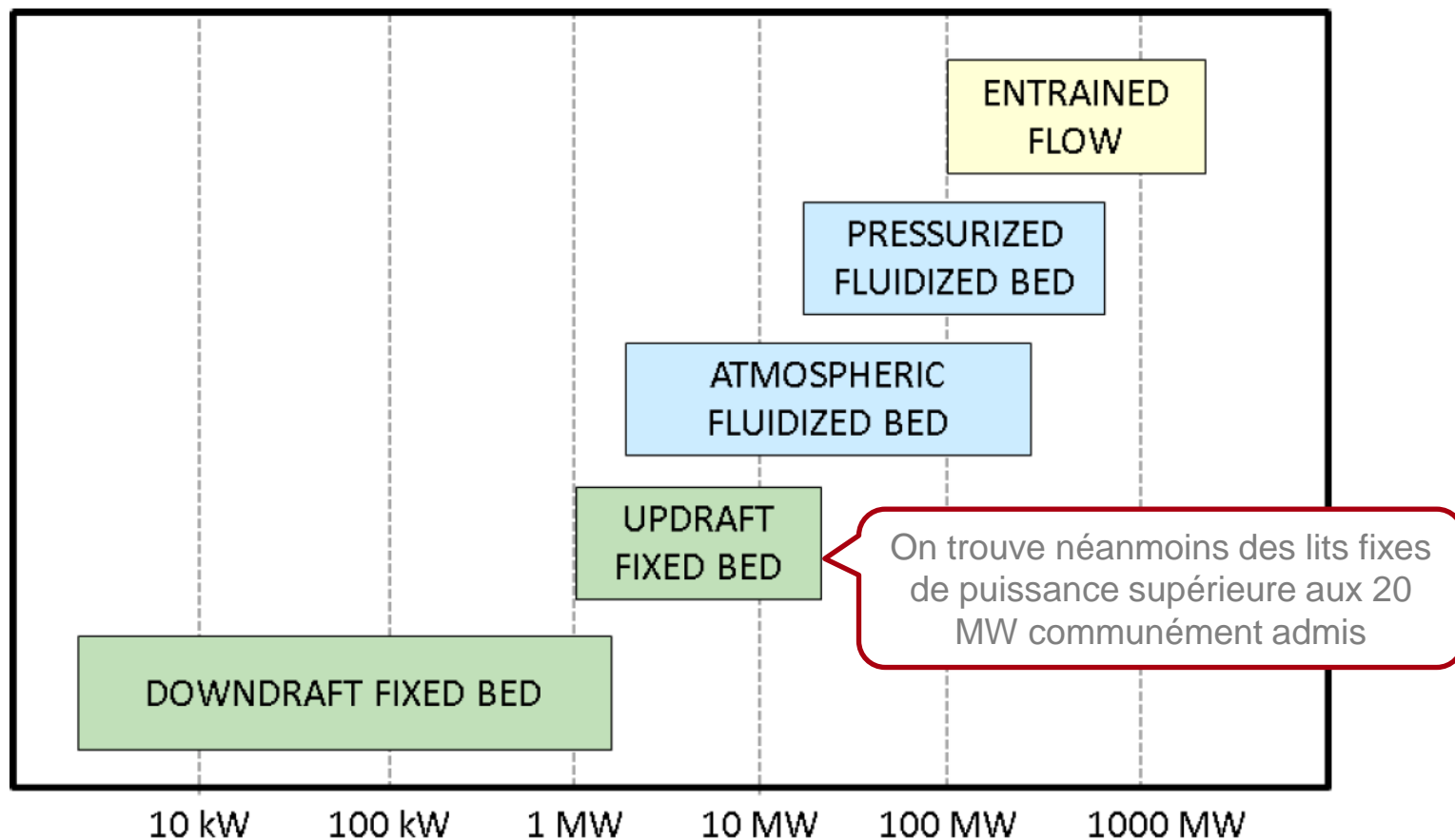
Pyrogreen

- Réacteurs à lit mouvant

- Four tournant
- Réacteur à vis
- Réacteur à grille mobile

Etia (vis), Edda (grille)

POSITIONNEMENT DES FAMILLES DE TECHNOLOGIES EN FONCTION DE LA PUISSANCE



COMPARAISON DES TECHNOLOGIES

	Lit fixe	Lit fluidisé	Flux entraîné
Température	700-900°C	800-1000°C	1250-1500°C
Pression	P _{atm}	P _{atm} -20 bar	P _{atm} -80 bar
Taille des particules	1-10 cm	1mm-1cm	< 1 mm
Composition du gaz	CO, H ₂ , CO ₂ , CH ₄	CO, H ₂ , CO ₂ , CH ₄	CO, H ₂
Pureté du gaz	Riche en goudrons	Goudrons > 2g/Nm ³	Impuretés <1%
PCI du gaz	1-1,5 MJ/Nm ³	4-7 MJ/Nm ³	>10 MJ/Nm ³
Puissance de l'unité	0 à 5 MW*	10 à 50 MW	≥ 50 MW
Conversion C en gaz	~70%	>70%	80% si autotherme
Temps de séjour solide	>1h	Quelques minutes	Quelques secondes
Applications	Chaleur, cogénération	Cogénération, biométhane, biocarburants	Biocarburants, biométhane, cogénération

COMPARAISON DES TECHNOLOGIES

+

-

Lit fixe	Lit fluidisé	Flux entraîné
<ul style="list-style-type: none"> • Simple et robuste • Biomasse humide • Hétérogénéité biomasse 	<ul style="list-style-type: none"> • Extrapolation en puissance • Mature en combustion • Homogénéité température • Gaz riche (lit double) • Conversion du char • Applications larges : chaleur, électricité, biométhane, biocarburants 	<ul style="list-style-type: none"> • Gaz riche (CO-H₂) • Peu/pas de goudrons • Biocarburants, biométhane, électricité • Possibilité de traiter des biomasses chargées en cendres • Compacité (pression)
<ul style="list-style-type: none"> • Changement d'échelle • Conversion du char • Homogénéité température • Teneur en goudrons et particules • Risque de condensation des gaz et encrassement • Applications thermiques surtout 	<ul style="list-style-type: none"> • Taux de goudrons (> 2g/Nm³) • Particules dans le gaz • Risque d'agglomération des cendres • Humidité <20% • Pour des unités >10 MW_{th} 	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation biomasse difficile et coûteuse • Dédié aux grosses puissances (>50 MW_{th}) • Gestion de l'approvisionnement biomasse

FOCUS LITS FIXES

2-40MW_{th}

NEXTERRA, Can
Lit fixe à contre-courant



PRM-E, USA
Lit fixe à co-courant



3-30MW_{th}

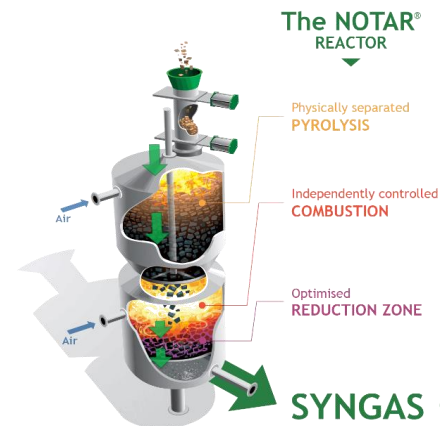
BERKES, Uruguay
Lit fixe



1-20MW_{th}

XYLOWATT, Belgique
Lit fixe à co-courant

1-2MW_{th}



40 kW-5MW_{th}

ANKUR, Inde
Lit fixe à co-courant



FOCUS LITS FLUIDISÉS

37MW_{th}

ALBERTA Biofuels, Canada

Unité commerciale de production de méthanol
LFB (Enerkem) + synthèse catalytique
Déchets municipaux triés



GAYA, France

Unité de démonstration
FICFB (Repotec) + méthanation (Engie)
Bois, biomasse agricole



0,5MW_{th}

LAHTI, Finlande

160MW_{th}

Unité commerciale
LFC (Valmet) + chaudière
+ turbine vapeur.
CSR



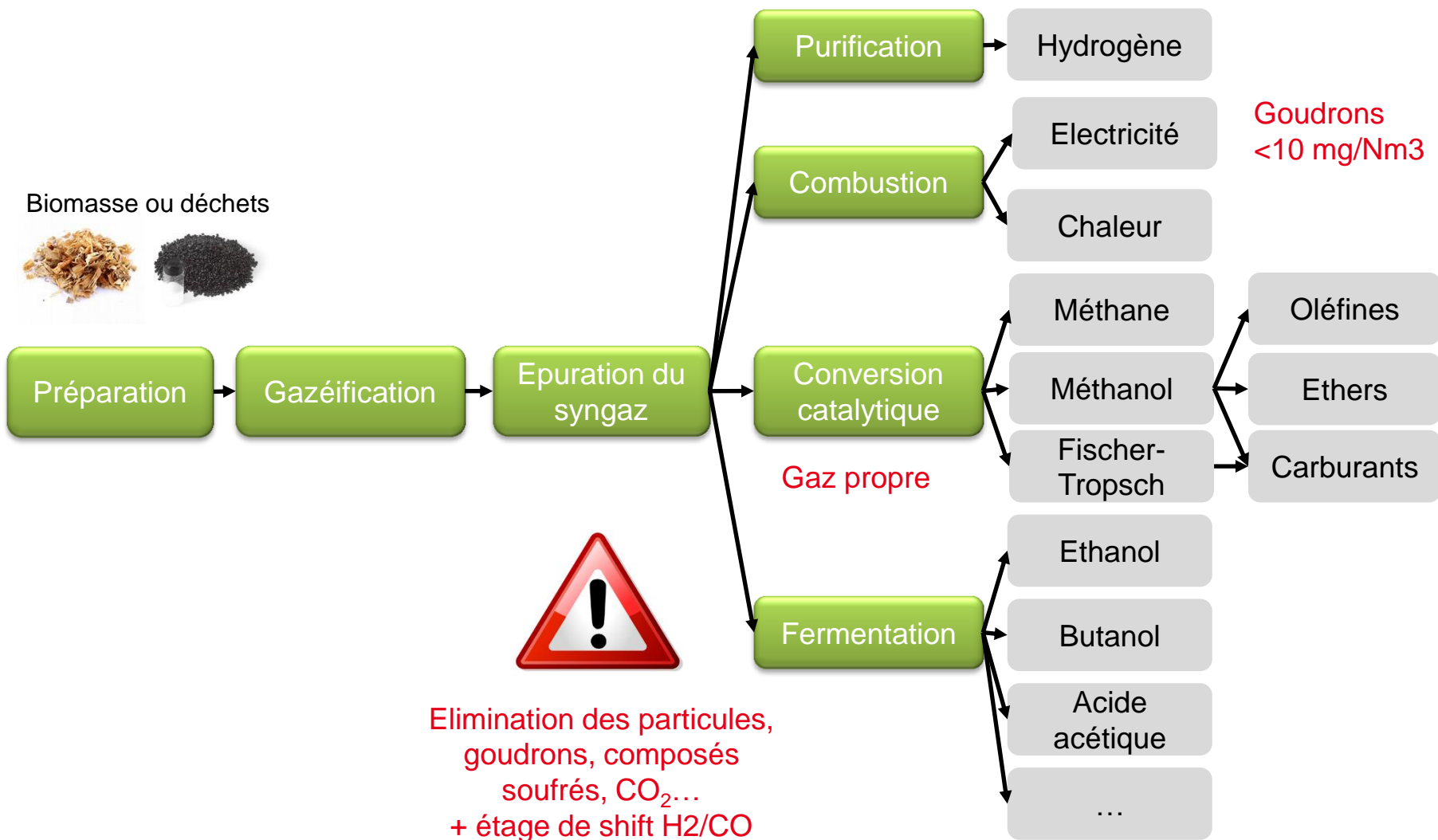
20MW_{th}

GOBIGAS, Suède

Unité de démonstration
FICFB (Repotec) +
méthanation (Haldor-Topsoe)
Bois, écorce, bois déchet



LA PYROGAZÉIFICATION, UNE BRIQUE TECHNOLOGIQUE DANS UNE CHAÎNE PROCÉDÉS



CONCLUSIONS

- **Nombreuses technologies disponibles dans le monde**
- **Avec des niveaux de maturité variables, du concept (TRL1) au produit commercial (TRL9)**
- **Nombreuses unités de gazéification opérationnelles**
 - Principalement sur charbon (Chine, Afrique du Sud...) mais aussi sur bois et dérivés (Canada, Scandinavie...) et déchets (Canada, Japon...)
 - Principalement pour la production de chaleur et/ou électricité à l'échelle commerciale (des petites cogénérations aux centrales à IGCC)

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

THANKS FOR YOUR ATTENTION

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
17 rue des Martyrs | 38054 Grenoble Cedex
www-liten.cea.fr

Établissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019