

Conférence Internationale
Enjeux et perspectives des biocarburants pour l'Afrique
Ouagadougou, Burkina Faso, 27-29 novembre 2007

**Situation et Perspectives des
Biocarburants de seconde génération**

par
François Broust
Laurent Van de Steene

CIRAD Persyst – Unité Biomasse Energie
Montpellier, FRANCE



Sommaire

1. Introduction
 - potentiel de la biomasse lignocellulosique
2. La voie biochimique
 - Principe, technologies
 - Verrous actuels
3. La voie thermochimique
 - Principe, technologies
 - Verrous actuels
4. Conclusions et perspectives



Biomasse "lignocellulosique"

Biomasse = Matière organique végétale



CULTURES AGRICOLES

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

↓
Biocarburants de 1^{ère} génération



SOUS-PRODUITS AGRICOLES

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



BOIS

- plaquettes forestières
- granulés
- sciures
- ...

**Biocarburants de 2^{nde} génération :
valorisation de la partie ligno-cellulosique de la biomasse**

Biomasse "lignocellulosique"

✓ Potentiel énorme

Produits agricoles non alimentaires	5,3 GT
Résidus de culture	3,5 GT
Produits forestiers	2,3 GT
Résidus d'industrie du bois	2 GT

Source IFP, World Energy Council

5 % mobilisables soit 13,5 Milliards de tonnes

↳ 6 Milliards de TEP

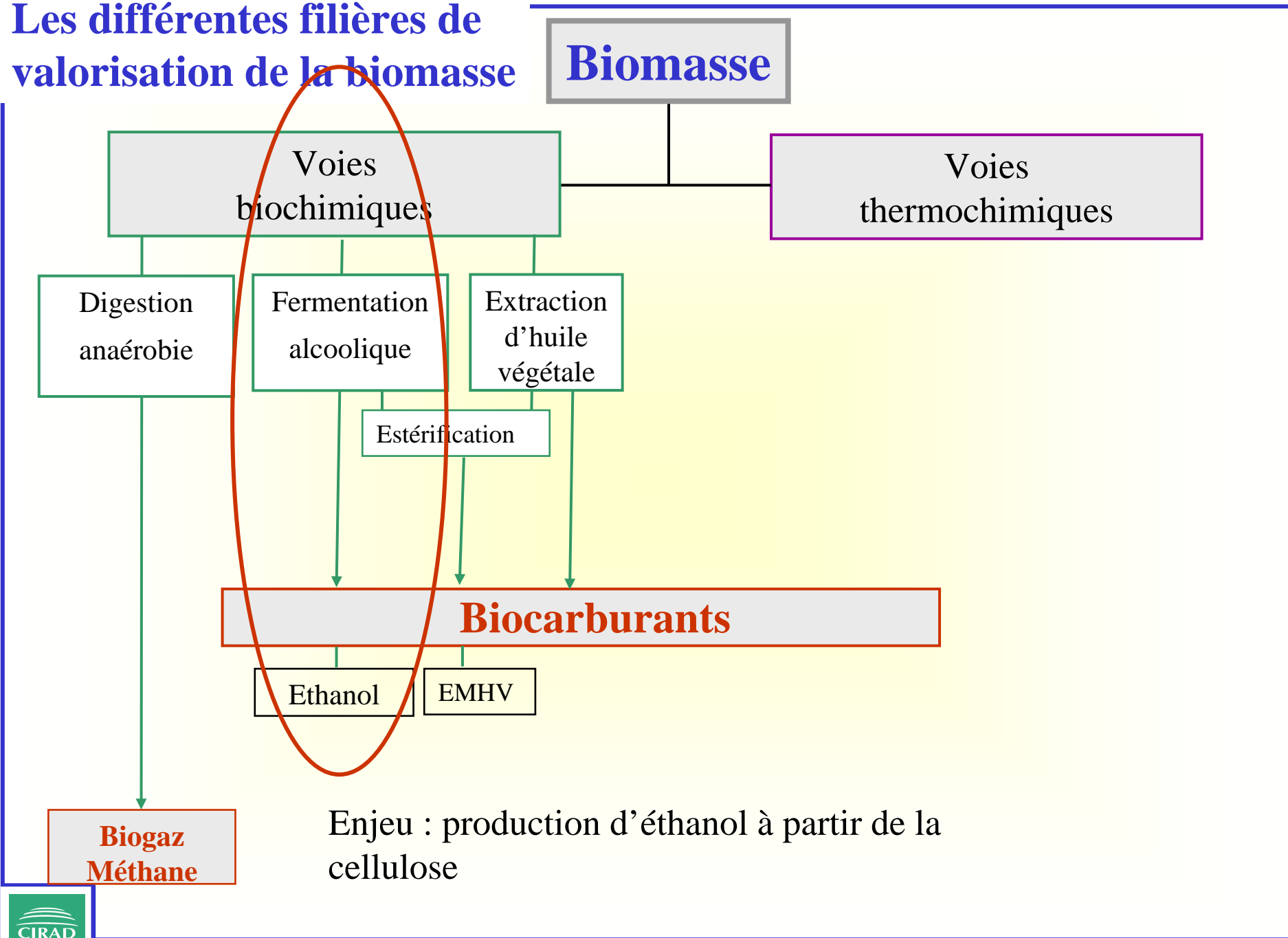
Soit 26 % de la consommation mondiale d'énergie primaire
(1/3 exploité actuellement)

✓ Compétitivité moindre avec la filière alimentaire

✓ Valorisation de la plante « entière » : meilleur rendement à l'hectare



Les différentes filières de valorisation de la biomasse

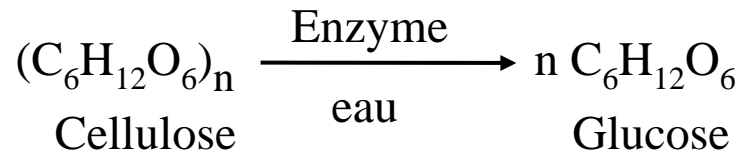
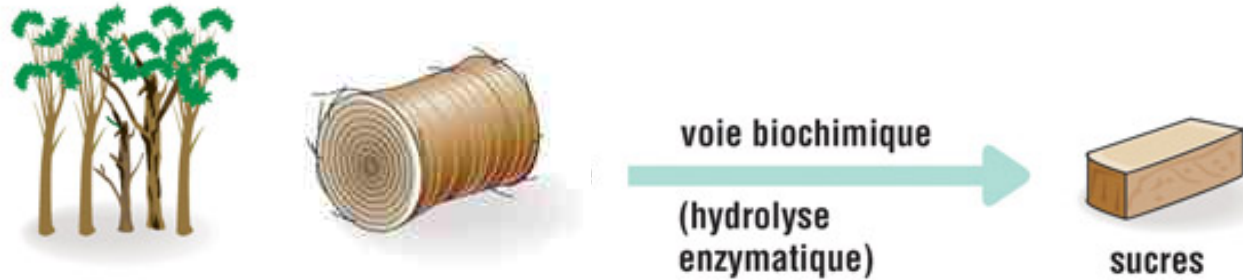


Enjeu : production d'éthanol à partir de la cellulose

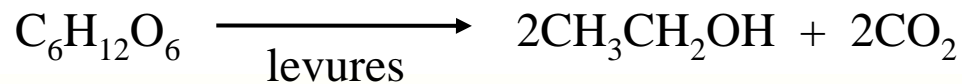
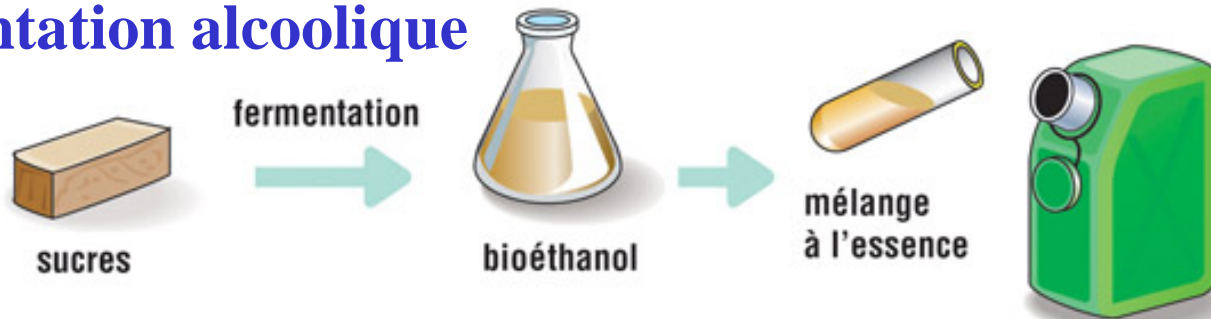
La voie biochimique – "Ethanol cellulosique"

→ Le principe

1. Hydrolyse

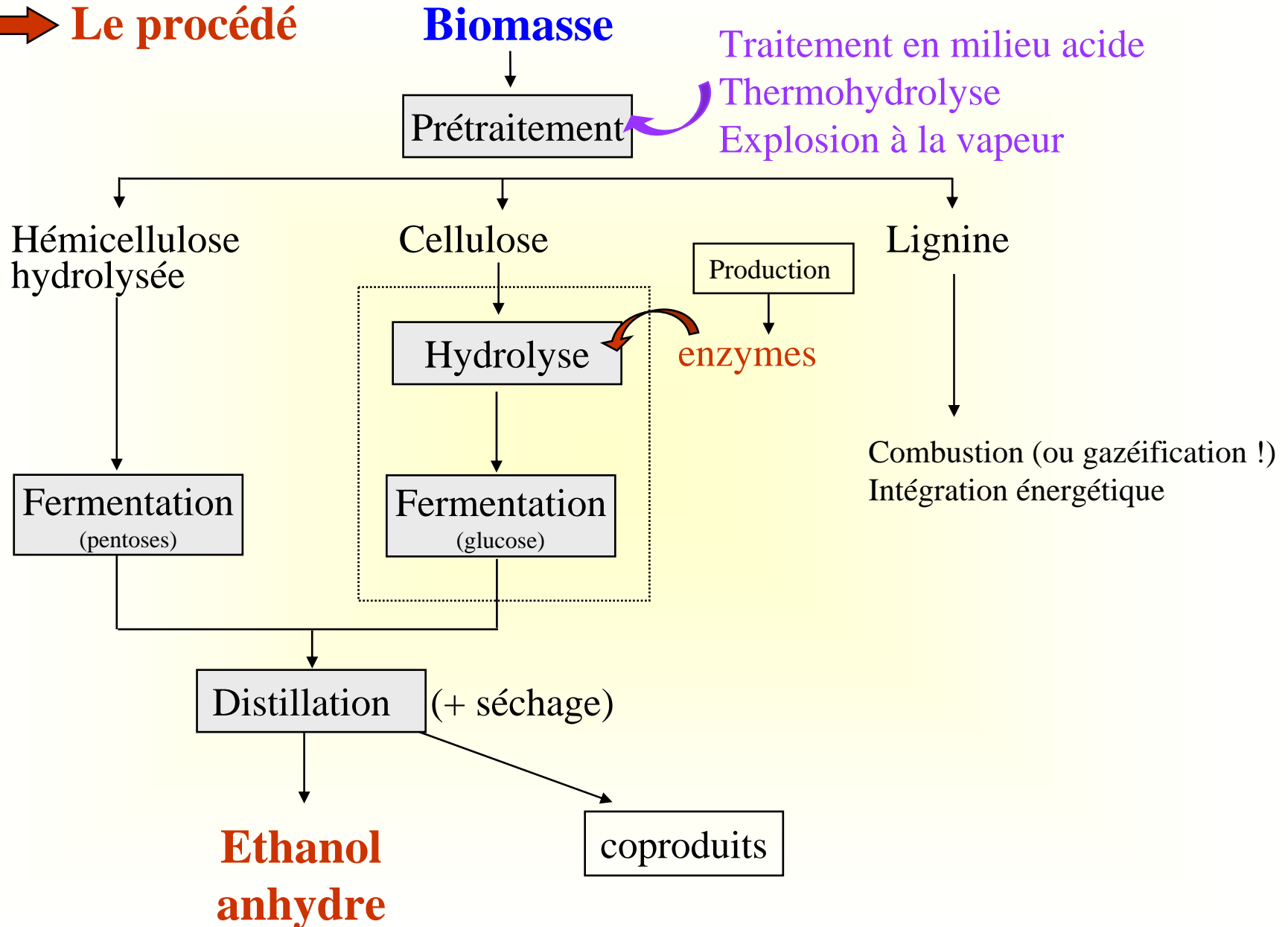


2. Fermentation alcoolique



La voie biochimique – Ethanol cellulosique

➔ **Le procédé**



Installations

→ Seulement quelques unités de démonstration

Entreprise & Siège	Technologie	Type de ressource	Capacité de production d'éthanol	Commentaires
BCI, Dedham, MA	Acide dilué	Bagasse	7560 million L/an (20 million g/an)	Plant to break ground in 2002
IOGEN, Ottawa, ON	Enzymatique	Oat hulls, switchgrass, wheat straw, and corn stover	378 million L/an (1 million g/an)	Démonstration 2008-2009
Masada, Birmingham, AL	Acide concentré	Déchets urbains	3780 million L/an (10 million g/an)	Plant to break ground early 2002
Paszner Technologies, Inc, Surrey, BC	Acidified aqueous acetone process	Bois		Unité commerciale en construction
PureVision Technology, Ft. Lupton, CO	Enzymatique	Bois		Unité pilote en construction



Verrous actuels de la filière biochimique

➔ **Prétraitement**

- Choix technologiques à faire : bon rendement et pas d'inhibiteurs

➔ **Hydrolyse enzymatique**

- Hydrolyse de la cellulose + difficile et couteuse que celle de l'amidon
- Coût élevé de production des cellulases (enzymes)

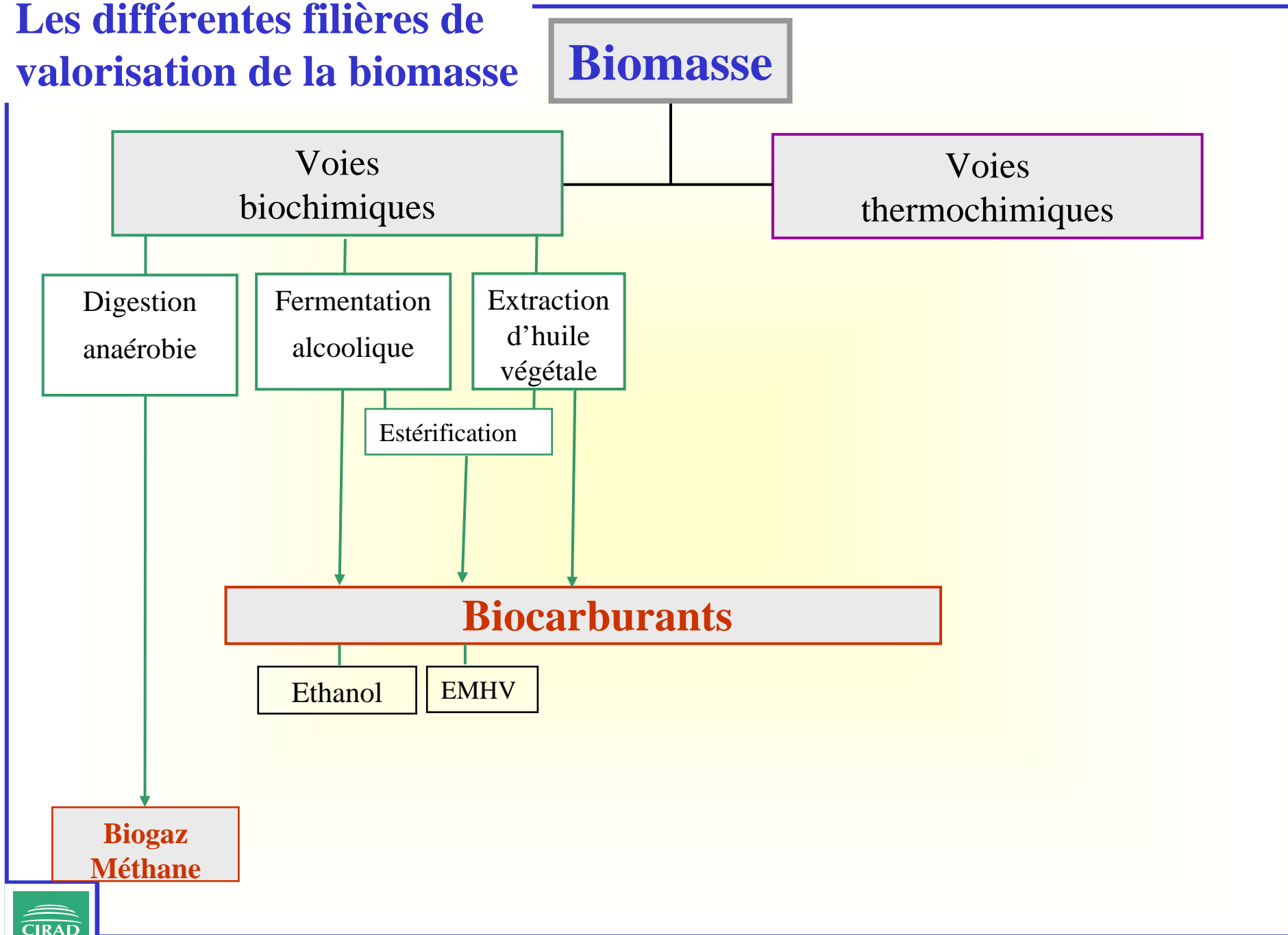
➔ **Fermentation**

- La lignine ne peut pas être fermentée
- Certains composés libérés pendant le prétraitement ont un effet inhibiteur sur la fermentation
- Formation de co-produits (glycerol)
- Fermentation des pentoses (C5) peu performante

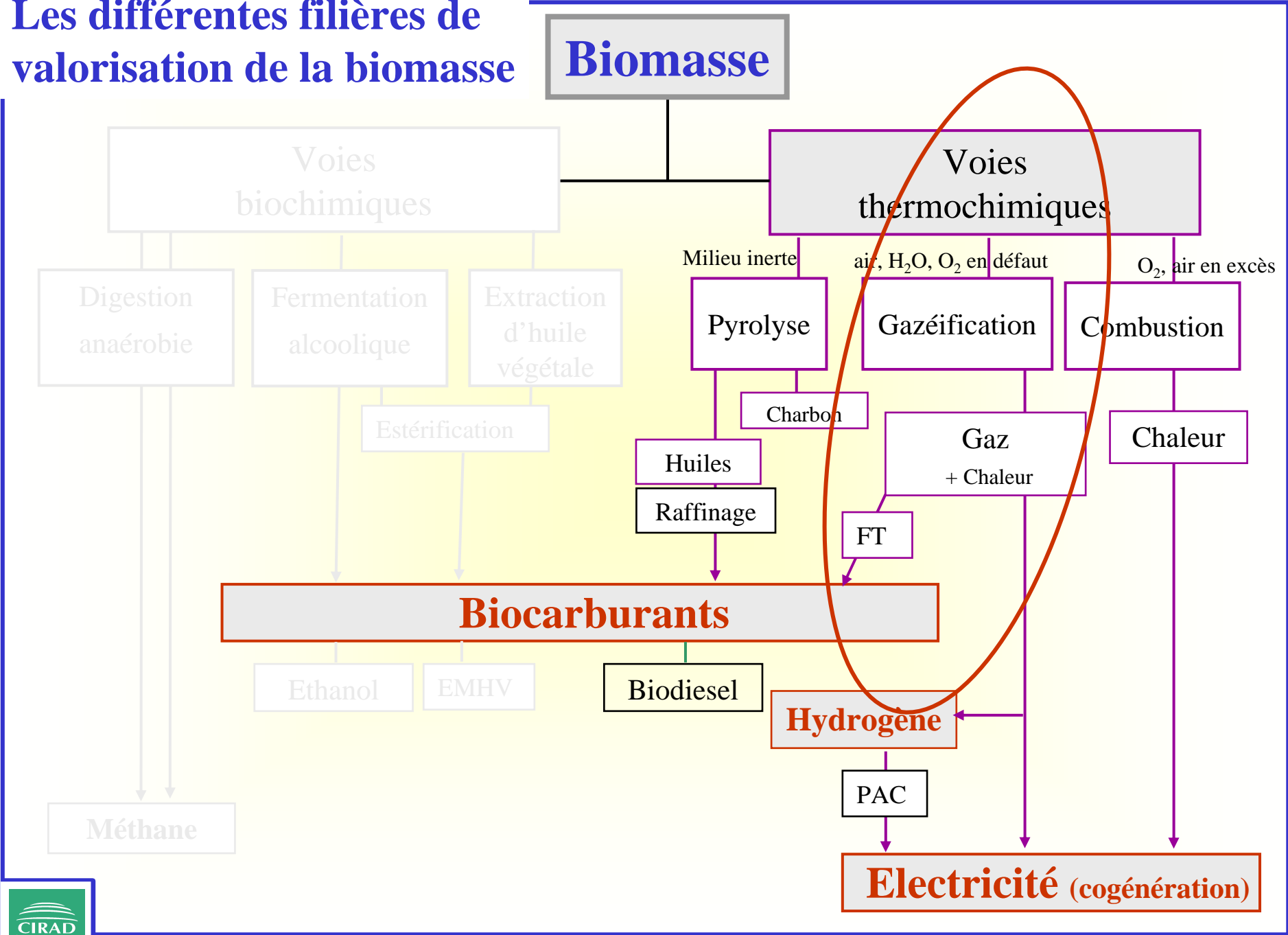
➔ **Intégration énergétique**

- Pas encore rentable économiquement!
- Diminution des consommations

Les différentes filières de valorisation de la biomasse



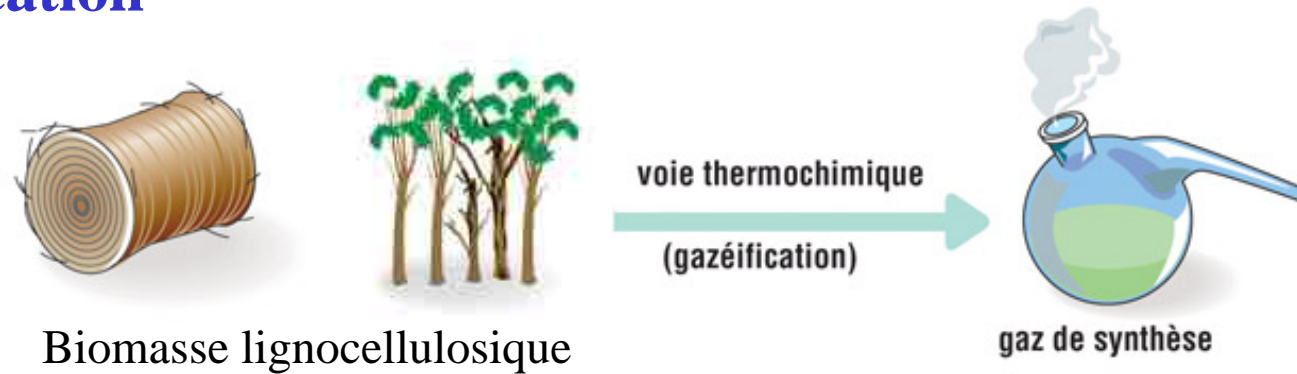
Les différentes filières de valorisation de la biomasse



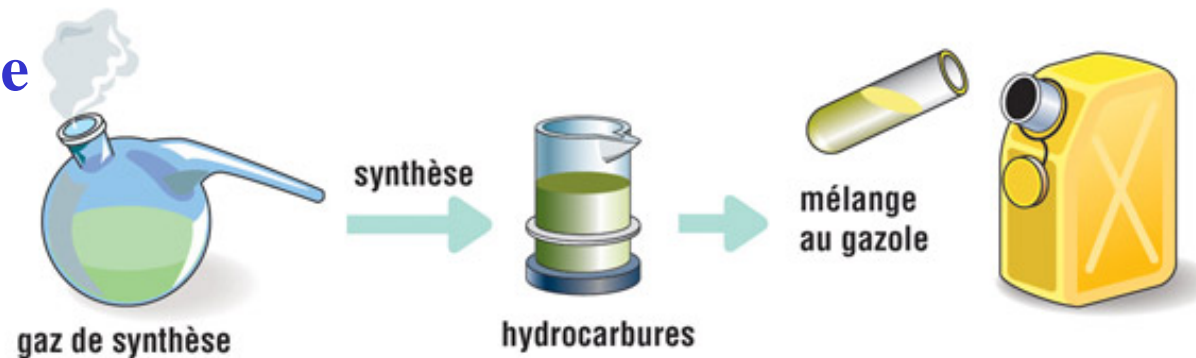
La voie thermochimique – « Biomass to Liquids » BtL

➔ Le principe

1. Gazéification

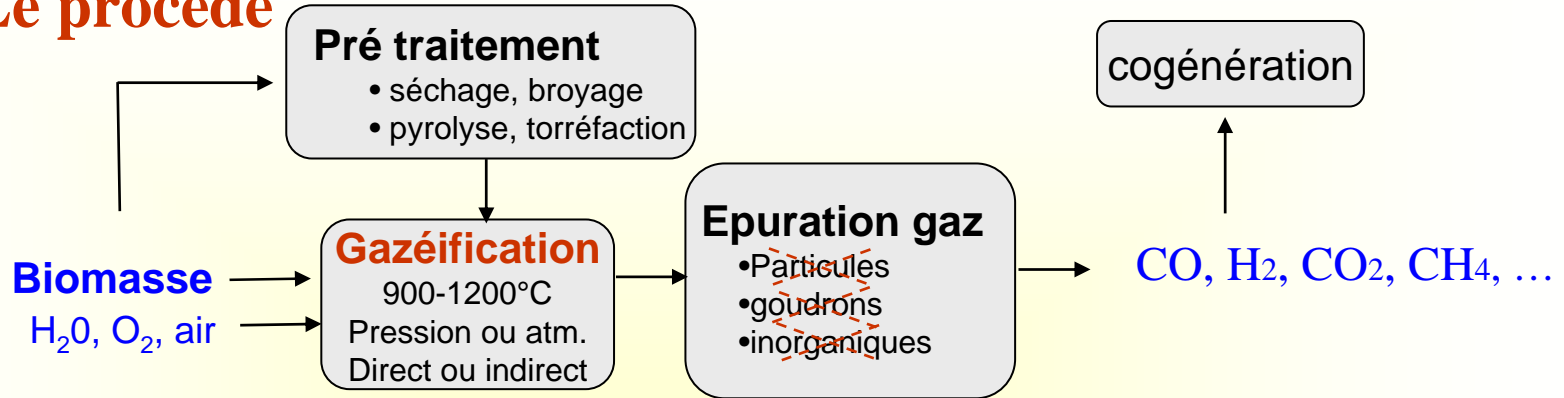


2. Synthèse

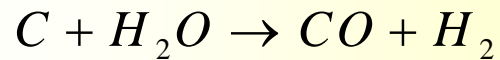


La voie thermochimique – la gazéification

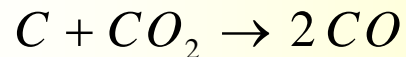
Le procédé



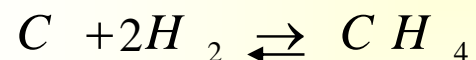
Gazéification



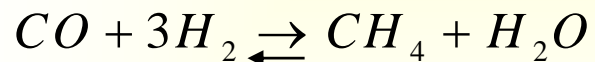
Gazéification à la vapeur



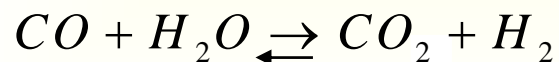
Réaction de Boudouard



Réaction d'hydrogénation (méthanisation)



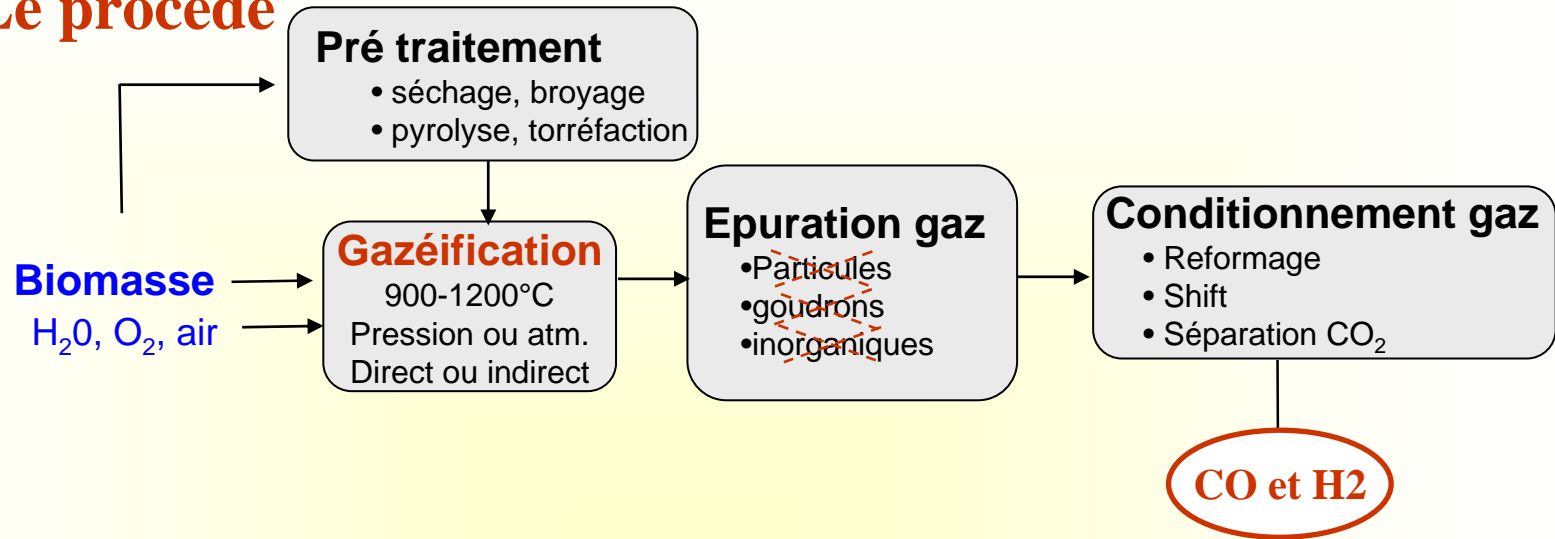
Réformage vapeur



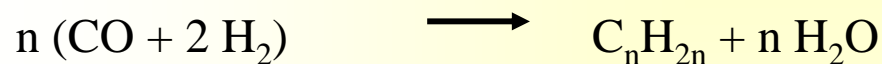
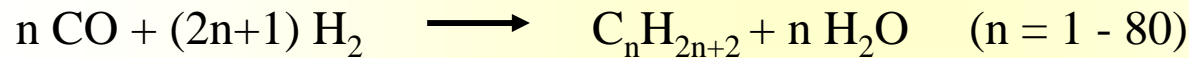
Réaction de Shift

La voie thermo-chimique – la synthèse de carburant

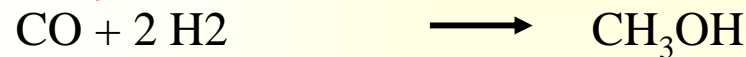
Le procédé



La synthèse Fischer - Tropsch (FT)



La synthèse de méthanol



CO et H₂

Synthèse
phase gazeuse
ou liquide

Biodiesel

Méthanol

DME

Très bonne qualité

Diversité de coupes



La synthèse de carburant : références industrielles

Unités Existantes (Gaz Naturel)

années	Brevets	Pays	Production (bpd)
1975- 90	Shell, BP, Exxon...	-	20-400 (pilot)
1985	Mobil	N Z	15.000
1992	Sasol	Affrique du sud	24.000
1993	Shell	Malaisie	12.000
2003	Syntroleum	Australie	10.000
futur	Exxon, Shell, Total	Qatar	100.000

Unités rentables pour des capacités
minimales de 3 Mt/an biomasse



La synthèse de carburant : références industrielles

Application au Charbon (Coal to Liquids) : exemple de SASOL



...application à la biomasse ?

La gazéification de biomasse : procédés

Production d'électricité des démonstrations existent !

➔ 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

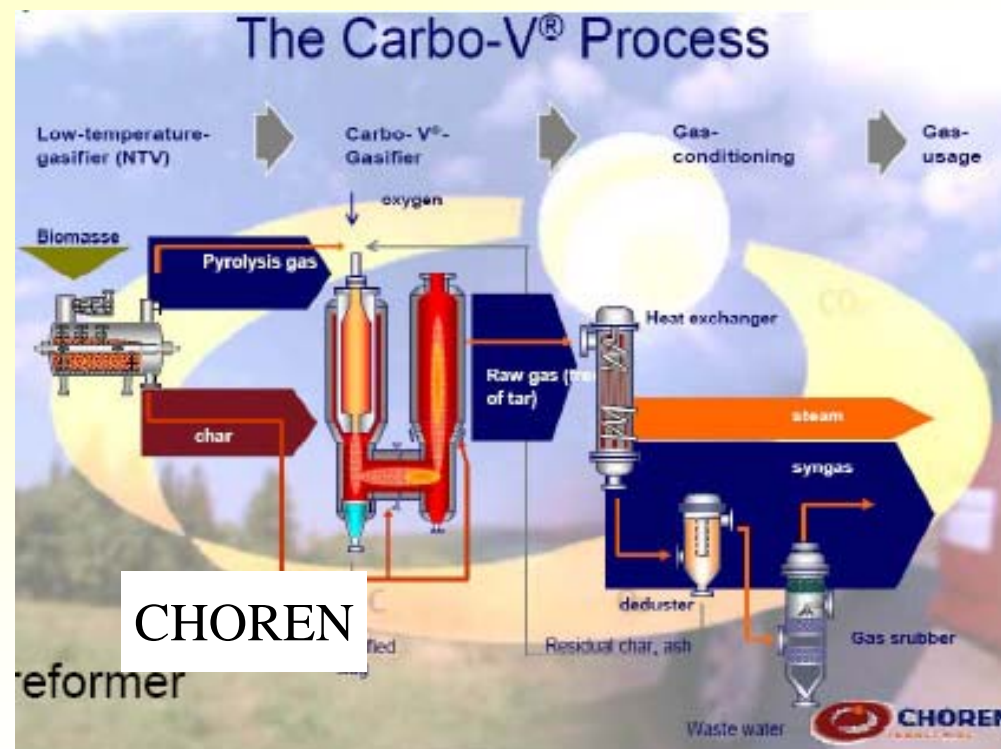
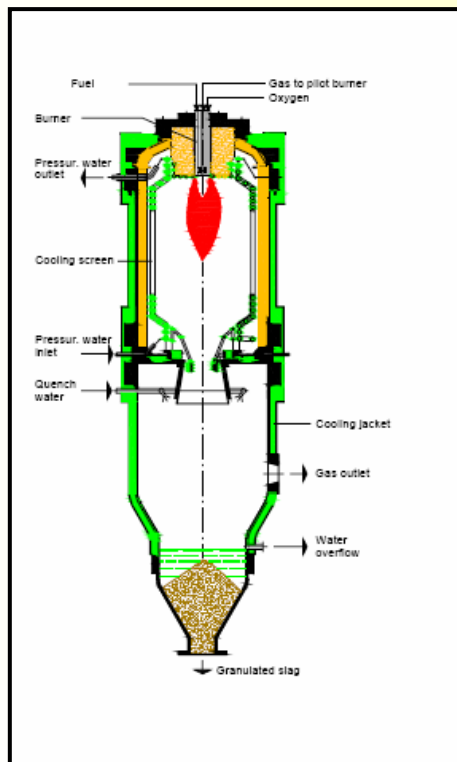
- ➔ Dense : Eqtec (Esp)
- ➔ Circulant : Repotech/Gussing (Aut), Lathi (Finl), Varnamo (Sue),
- ➔ Entraîné : Choren-Carbo V (All), Lurgi (All)

↓
Gaz de synthèse pour FT

La gazéification : procédés

Production de gaz de synthèse pour biocarburants

- ➔ CHOREN (All) – Carbo-V
Pyrolyse lente + Lit Entraîné
- ➔ FZK (All) – ~~Future Energy (Siemens)~~ → Lurgi
Pyrolyse rapide + Lit Entraîné



La gazéification : procédés

Les verrous technologiques (et économiques)

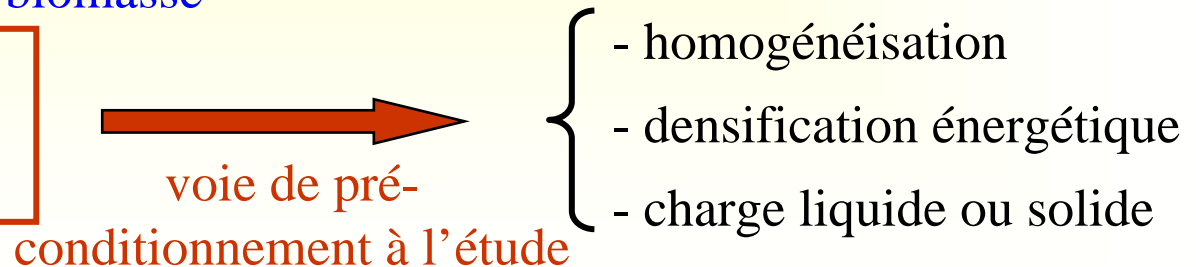
➔ L'épuration des gaz (goudrons, inorganiques, aérosols,)

- Seuils de tolérance de l'ordre du ppm (catalyseurs FT)
- Craquage thermique ou catalytique des goudrons
- "In situ" ou post traitement...

➔ Mobilisation et approvisionnement en biomasse

- Ressources dispersées, transport
- Coût du broyage, alimentation sous pression
- Variabilité de la biomasse

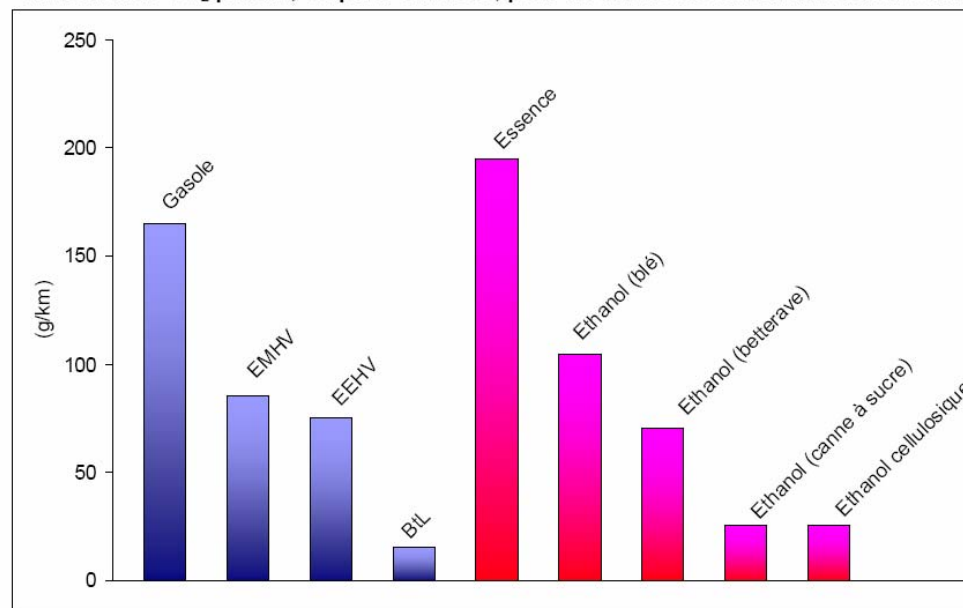
- Torréfaction
- Pyrolyse flash



Conclusions et perspectives pour les biocarburants de 2nde génération

- ✓ La biomasse lignocellulosique : une ressource potentielle énorme, déjà utilisée comme source d'énergie mais sa **valorisation en biocarburants reste un challenge**
- ✓ **Hautes performances** : hauts rendements /ha, qualité des carburants « BtL »
- ✓ Evaluation environnementale a priori bonne sur le plan CO₂ « du puits à la roue »

Emission de CO₂ par km, du puits à la roue, pour les différents carburants automobile



Source : CEA

Conclusions et perspectives pour les biocarburants de 2nde génération

- ✓ La biomasse lignocellulosique : une ressource potentielle énorme, déjà utilisée comme source d'énergie mais sa **valorisation en biocarburants reste un challenge**
- ✓ **Hautes performances** : hauts rendements /ha, qualité des carburants « BtL »
- ✓ Evaluation environnementale a priori bonne sur le plan CO₂

✓ Technologies pas encore au stade commercial : coûts de production trop élevés, effet d'échelle important (mobilisation des ressources), investissement lourd



à démontrer industriellement !

- ✓ R&D encore nécessaire, place pour innovation technologique

Perspectives 2015-2020?

- ✓ Première étape avant l'Hydrogène (2030-2050)?

Merci pour votre attention...

